



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL

Blanca Rosa Gutiérrez Recinos

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BLANCA ROSA GUTIÉRREZ RECINOS
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de julio de 2014.


Blanca Rosa Gutiérrez Recinos



Guatemala, 11 de octubre de 2016
REF.EPS.DOC.723.10.16

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Blanca Rosa Gutiérrez Recinos** con carné No. **200946393**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMAS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZARAI.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
LGAV/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
19 de octubre de 2016

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Blanca Rosa Gutiérrez Recinos, con Carnet No.200946393, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala,
21 de noviembre de 2016

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Blanca Rosa Gutiérrez Recinos, con Carnet No. 200946393 quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

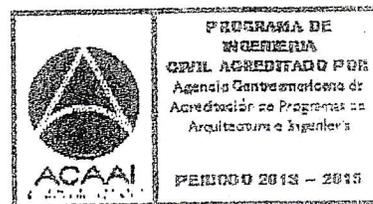

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 28 de noviembre de 2016
REF.EPS.D.501.11.16

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

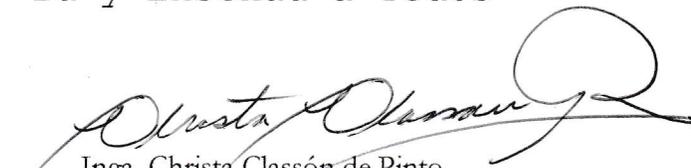
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMAS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Blanca Rosa Gutiérrez Recinos, carné 200946393**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación de la estudiante Blanca Rosa Gutiérrez Recinos titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2017.

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS Y AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS IZABAL**, presentado por la estudiante universitaria: **Blanca Rosa Gutiérrez Recinos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2017



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Porque con él todo y sin él nada.

Mis padres

Ana Recinos de Gutiérrez y Rubén Gutiérrez.

Por todo el apoyo y cariño que me dan.

Mi hermano y hermanas

Rubén, Elva, Gilva y Ana. Por estar siempre ahí, conmigo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todo lo que me ha dado y por haber llegado hasta aquí.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Facultad de Ingeniería	Por todos los buenos catedráticos que brindan sus conocimientos y consejos.
Mi novio	Nazir Barrow, por todo su apoyo y cariño.
Mi familia	Por acompañarme y brindarme su apoyo.
Mis amigos	Por su amistad y paciencia, todo este tiempo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Puerto Barrios.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Clima	2
1.1.3. Datos históricos	3
1.2. Características de infraestructura.....	4
1.2.1. Vías de acceso	4
1.2.2. Servicios públicos	5
1.2.2.1. Salud	5
1.2.2.2. Energía eléctrica.....	5
1.2.2.3. Agua potable.....	6
1.2.2.4. Drenaje	6
1.3. Características socioeconómicas	7
1.3.1. Educación.....	7
1.3.2. Cultura	8
1.3.3. Economía.....	8
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11

2.1.	Diseño del sistema de agua potable en los barrios El Rastro y El Estrecho de Puerto Barrios, Izabal.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Aspectos preliminares	11
2.1.2.1.	Levantamiento topográfico	11
2.1.2.2.	Aforo.....	12
2.1.2.3.	Calidad del agua	13
2.1.2.3.1.	Análisis fisicoquímico	13
2.1.2.3.2.	Análisis bacteriológico...	14
2.1.3.	Diseños técnicos	14
2.1.3.1.	Periodo de diseño	15
2.1.3.2.	Población futura	15
2.1.3.3.	Caudal de diseño	18
2.1.3.3.1.	Dotación.....	18
2.1.3.3.2.	Caudal medio diario	19
2.1.3.3.3.	Caudal de hora máxima.....	19
2.1.3.3.4.	Caudal día máximo	20
2.1.3.3.5.	Caudal de bombeo.....	21
2.1.3.4.	Diseño de la línea de conducción.....	22
2.1.3.4.1.	Línea de bombeo o impulsión	22
2.1.3.5.	Diseño del tanque de distribución	33
2.1.3.6.	Diseño de la línea de distribución.....	57
2.1.3.7.	Red de distribución.....	60
2.1.3.8.	Diseño de la red de distribución	62
2.1.4.	Presupuesto	67
2.1.5.	Propuesta de tarifa	69
2.1.6.	Evaluación de impacto ambiental.....	71

2.1.7.	Evaluación socioeconómica.....	72
2.1.7.1.	Valor presente neto	72
2.1.7.2.	Tasa interna de retorno	73
2.2.	Ampliación y mejoramiento de tramo carretero que conduce desde la aldea Quebrada Seca hasta la aldea El Mirador de Santo Tomás de Castilla de Puerto Barrios, Izabal	74
2.2.1.	Descripción del proyecto	74
2.2.2.	Aspectos preliminares	75
2.2.2.1.	Levantamiento topográfico	75
2.2.2.1.1.	Planimetría	75
2.2.2.1.2.	Altimetría	76
2.2.2.2.	Tipo de carpeta de rodadura.....	76
2.2.2.3.	Estudios de suelo	77
2.2.2.3.1.	Subrasante	77
2.2.2.3.2.	Balasto	80
2.2.2.4.	Tránsito promedio diario anual	81
2.2.3.	Diseño geométrico.....	82
2.2.3.1.	Alineamiento horizontal	82
2.2.3.1.1.	Diseño	82
2.2.3.1.2.	Selección de ruta.....	83
2.2.3.1.3.	Tangentes	83
2.2.3.1.4.	Hombros.....	84
2.2.3.1.5.	Curvas horizontales.....	84
2.2.3.1.6.	Curvas de transición.....	88
2.2.3.1.7.	Pendiente transversal...	89
2.2.3.1.8.	Sobreechancho	90
2.2.3.2.	Alineamiento vertical.....	92
2.2.3.2.1.	Subrasante	93
2.2.3.2.2.	Tangentes verticales	93

	2.2.3.2.3.	Pendiente	93
	2.2.3.2.4.	Curvas verticales.....	94
2.2.4.		Movimiento de tierras	98
	2.2.4.1.	Seccionamiento transversal	98
	2.2.4.2.	Cálculo de áreas de las secciones transversales	99
	2.2.4.3.	Cálculo de volúmenes	101
	2.2.4.4.	Balance y diagrama de masas	103
2.2.5.		Drenajes.....	105
	2.2.5.1.	Drenaje longitudinal.....	108
	2.2.5.2.	Drenaje transversal	109
2.2.6.		Presupuesto	111
	2.2.6.1.	Integración de precios unitarios.....	111
	2.2.6.2.	Resumen del presupuesto.....	112
2.2.7.		Cronograma de ejecución física y financiera.....	113
2.2.8.		Evaluación de impacto ambiental.....	114
CONCLUSIONES.....			119
RECOMENDACIONES			121
BIBLIOGRAFÍA.....			123
APÉNDICES.....			125
ANEXOS.....			149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Puerto Barrios, en el departamento de Izabal	2
2.	Ubicación del proyecto de abastecimiento de agua potable.	3
3.	Diagrama de momentos de la losa superficial.....	36
4.	Diagrama de momento y puntos de corte de la viga	42
5.	Muro externo del tanque de almacenamiento.	45
6.	Dirección de caudales del circuito	62
7.	Elementos geométricos de una curva circular simple	87
8.	Elementos geométricos de una curva vertical.....	97
9.	Secciones transversales típicas	99
10.	Sección transversal 0 + 000.....	100
11.	Ejemplo de volumen entre dos estaciones de corte.....	102
12.	Distancia de paso.....	102
13.	Balance de masas.....	104

TABLAS

I.	Costo mensual de la tubería	25
II.	Costo mensual de bombeo	27
III.	Costo total	28
IV.	Momentos del muro externo.....	48
V.	Presupuesto	67
VI.	Valor K de curvas verticales.....	95
VII.	Valores de las coordenadas.....	100

VIII.	Coeficiente de escorrentía	107
IX.	Presupuesto.....	112
X.	Cronograma del proyecto	114

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g	Aceleración de la gravedad
H_a	Altura del agua
H_{cc}	Altura del concreto ciclópeo
H_s	Altura del suelo
H	Altura entre la boca del pozo y la entrada al tanque
A	Amortización
G	Ángulo de curvatura
Φ	Ángulo de fricción interna del suelo
Δ	Ángulo delta
t_n , T	Año de la población futura
t₁	Año del censo anterior al último
t₂	Año del último censo
AsH_{min}	Área de acero horizontal mínimo para muro
As_{max}	Área de acero máximo
As_{min}	Área de acero mínimo
As⁻	Área de acero negativo
As⁺	Área de acero positivo
AsV_{min}	Área de acero vertical mínimo para muro
A_g	Área de sección transversal
A_Δ	Área tributaria de un triángulo
CDT	Carga dinámica total
CM , W_M	Carga muerta

CV , W_V	Carga viva
P_V	Carga viva puntual
CU , W_U	Carga ultima
Q	Caudal
Q_b	Caudal de bombeo
Q_{H. MAX}	Caudal de hora máxima
QMD	Caudal máximo diario
Q_m	Caudal medio diario
α	Celeridad
cm	Centímetro
cm²	Centímetro al cuadrado
k_a	Coefficiente activo
c	Coefficiente de fricción del material de la tubería
μ	Coefficiente de fricción suelo-muro
k_p	Coefficiente pasivo
X	Coordenada en el eje X
Y	Coordenada en el eje Y
C_B	Costo de bombeo al mes
C_{Tub}	Costo de la tubería
ρ_b	Cuantía balanceada
ρ_{max}	Cuantía máxima
ρ_{min}	Cuantía mínima
ρ_{minH}	Cuantía mínima horizontal para muro
E	External
dBA	Decibelios en la curva A
εs	Deformación del acero
∅	Diámetro de tubería
∅_i	Diámetro interno de la tubería

Dot	Dotación
efi	Eficiencia de la bomba de agua
S	Espaciamiento entre varillas
S_{max}	Espaciamiento máximo
t	Espesor de la losa
esp	Espesor de la pared de la tubería
ex	Excentricidad
e	Exponencial
K	Factor de curva vertical para LCV mínimo
f	Factor de fricción lateral llanta-carretera
f_y	Fluencia del refuerzo
V_s	Fuerza de corte resistente de los estribos
V_c	Fuerza de corte resistente del concreto
V_{CU}	Fuerza de corte último
F	Fuerza que actúa en una franja unitaria
°C	Grados centígrados, es una medida de temperatura
hab	Habitante
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
kw	Kilovatios
b	Lado corto
a	Lado largo
l/s	Litros sobre segundos
Ln	Logaritmo natural
L	Longitud
LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m	Metro
m.c.a.	Metro columna de agua

m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
k	Módulo de elasticidad volumétrico del agua
Ev	Módulo de elasticidad volumétrico del material de la tubería
M⁻	Momento negativo
M_n	Momento nominal
M_a	Momento por el agua
M_t	Momento por la tierra
M⁺	Momento positivo
M_R	Momento resistente
M_U	Momento último
No.	Número de horas de bombeo mensual
N	Número de tubos
OM	Ordenada media
PE	Pendiente de entrada de la curva vertical
PS	Pendiente de salida de la curva vertical
d	Peralte
H_f	Pérdida de carga por fricción en la tubería
n	Periodo de diseño
ρ_a	Peso específico del agua
ρ_c	Peso específico del concreto
ρ_{cc}	Peso específico del concreto ciclópeo
ρ_s	Peso específico del suelo
W	Peso o carga
P₁	Población del censo anterior al último

P_o , P_2	Población del último censo
P_f	Población futura al finalizar el periodo de diseño
PVC	Policloruro de vinilo
%	Porcentaje
POT	Potencia de la bomba
PU	Precio unitario
P_t	Presión de la tierra
P_a	Presión del agua
q_{max}	Presión máxima del terreno
q_{min}	Presión mínima del terreno
P	Presión total
P_{Tt}	Presión total de la tierra
P_{Ta}	Presión total del agua
"	Pulgadas
R	Radio
CBR	Razón soporte california
$f'c$	Resistencia del concreto
Sa	Sobreancho
ΔH	Sobrepresión
ST	Sub tangente
T	Tangente
i	Tasa de crecimiento poblacional
r	Tasa de interés mensual
es	Tasa de sobreelevación
vc	Velocidad de crecimiento
v	Velocidad del agua dentro de la tubería
Vol	Volumen del tanque de distribución

GLOSARIO

ACI	(American Concrete Institute); organización que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al hormigón reforzado.
AASHTO	(American Association of State Highway and Transportation Officials); organización que establece normas, publica especificaciones, etc., para el diseño y construcción de autopistas en Estados Unidos.
ASTM	(American Society for Testing Materials); asociación responsable del control de calidad de los distintos materiales de construcción.
Aforo	Operación que consiste en medir el caudal de una corriente de agua.
Agua potable	Agua libre de microorganismos dañinos a la salud y agradable a los sentidos.
Balasto	Es el material clasificado que se coloca sobre la subrasante de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de carpeta de rodadura.
Bombeo	Es la pendiente que se da en ambos lados de la carretera para drenar la superficie de la rasante.

Cabezal	Muro de entrada y salida de una tubería; diseñado y construido para sostener y proteger los taludes mientras se encauzan las aguas.
Carga muerta	Peso constante soportado por un elemento estructural durante la vida útil, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el uso de la estructura, muebles, personas, etc., soportado por el elemento.
Caudal	Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un cuerpo de agua.
Cocode	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Cuneta	Canal abierto paralelo al eje de la carretera, elaborado para la conducción del agua de lluvia.
DGC	Dirección General de Caminos.
Dotación	Cantidad de agua necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
Esfuerzo	Es la fuerza exterior que actúa sobre un cuerpo.

Estiaje	Época del año en la que las fuentes de agua descienden al nivel mínimo.
ETCCRG	Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos Rurales en Guatemala.
FHM	Factor de hora máxima.
FMD	Factor máximo diario.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
Infom	Instituto de Fomento Municipal.
Momento	Es una fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal flexionado que es perpendicular al eje longitudinal donde se produce la flexión.
PC	Principio de curva.
PCV	Principio de curva vertical.
Perfil	Sección que marca el límite de una cosa mirada desde un punto de vista lateral.
Período de diseño	Tiempo durante el cual un sistema dará un servicio satisfactorio a la población.

PI	Punto de intersección.
PIV	Principio de intersección vertical.
Presupuesto	Costo inicial de un proyecto.
PT	Principio de tangente.
PTV	Principio de tangente vertical.
Rasante	Es la línea que se obtiene de la proyección vertical de la parte superior de la capa de rodadura.
Sección típica	Es la representación del corte transversal ideal de la carretera.
Sieca	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
Subrasante	Es la capa de terreno natural que soporta la estructura de la carretera.
TPDA	Tránsito Promedio Diario Anual.
TIR	Tasa Interna de Retorno que mide la rentabilidad del proyecto.
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano el conjunto de características.

Unepar	Unidad Ejecutora del Proyecto de Acueductos Rurales.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
VPN	Valor presente neto.

RESUMEN

El municipio de Puerto Barrios, es la cabecera departamental de Izabal, y presenta una deficiencia en la distribución del agua potable y en las vías de acceso de las aldeas. De lo cual se plantean soluciones técnicas en el presente trabajo de graduación.

El primer capítulo del informe contiene la fase de investigación, contiene una monografía de los caseríos en estudio, destacando los aspectos más relevantes del municipio: sus características físicas, de infraestructura y socioeconómicas.

El segundo capítulo es la fase de servicio técnico profesional, describe el diseño de los dos proyectos: la ampliación y mejoramiento del tramo carretero para la aldea El Mirador de Santo Tomás de Castilla, que consiste en una carpeta de rodadura de material balasto; y el diseño de un sistema de agua potable para los barrios El Rastro y El Estrecho, que incluye la captación de un pozo, línea de conducción por bombeo, línea de distribución por gravedad y red de distribución.

El diseño de cada proyecto que se presenta, incluye la utilización de las normas y especificaciones como: el ACI, Infom-Unepar, Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras, etc. Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones y planos de cada proyecto con sus respectivas especificaciones.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de agua potable para los barrios de El Rastro y El Estrecho del municipio de Puerto Barrios, Izabal y diseñar la ampliación y mejoramiento de la carretera que conduce desde la aldea Quebrada Seca hasta la aldea El Mirador.

Específicos

1. Investigar e identificar los problemas que se encuentran en Puerto Barrios, Izabal, para la realización del diagnóstico y seleccionar los proyectos de mayor importancia para el municipio de Puerto Barrios.
2. Realizar el diseño de agua potable de El Rastro y El Estrecho en base a las normas y especificaciones como Infom-Unepar y Coguanor.
3. Realizar el diseño de carretera entre las aldeas de Quebrada Seca y El Mirador, en base a las normas y especificaciones determinadas por Covial y Caminos.
4. Elaborar planos, presupuesto estimado, cronograma y evaluación ambiental de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

Para la ejecución de este informe se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la Municipalidad de Puerto Barrios, Izabal, donde encontraron necesidades de proyectos y ayuda a la comunidad. En la municipalidad se priorizaron los proyectos de infraestructura y servicios básicos.

La falta de un sistema de agua potable es uno de los problemas sanitarios por los que se ven afectados los habitantes de Puerto Barrios, Izabal. Entre ellos se encuentran los habitantes de los barrios El Rastro y El Estrecho, en donde se presentan altos índices de morbilidad y mortalidad, dada la escasez de sanidad.

También la vía de acceso en mal estado es uno de los problemas en las aldeas, como en las aldeas de El Mirador, El Tamarindal, El Castañal y Buena Vista, por tener la misma ruta que se utiliza para poder ingresar a cada una de las aldeas, los Cocodes de cada lugar decidieron mejorar primordialmente esta situación, siendo la que les afecta a todas las aldeas.

En respuesta de la solución de las anteriores problemáticas, se estableció que se debe planificar, diseñar, gestionar y construir el proyecto de abastecimiento de agua potable para los barrios El Rastro y El Estrecho, así también, la ampliación y mejoramiento del primer tramo carretero desde la aldea Quebrada Seca hasta El Mirador.

Por lo tanto en el presente informe se detallarán los estudios y los procesos de análisis para el adecuado, seguro y eficiente diseño de cada uno de los proyectos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Puerto Barrios

La información que se describe del municipio, fue proporcionada por la municipalidad de Puerto Barrios y por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Se presentan en este capítulo sus características, para conocer a la población de las comunidades y su estilo de vida de forma concisa.

1.1.1. Ubicación

El municipio de Puerto Barrios es la cabecera departamental de Izabal, colinda al norte con el mar Caribe, al sur y este con Honduras y al oeste con Morales y Livingston. Se localiza con la latitud norte $15^{\circ}44'06''$ y en la longitud oeste $88^{\circ}36'17''$, cuenta con una extensión territorial de 1 292 kilómetros cuadrados. El municipio tiene altitudes desde 0 msnm en Punta de Manabique hasta 1 276 msnm en el Cerro San Gil.

Figura 1. **Ubicación de Puerto Barrios, en el departamento de Izabal**



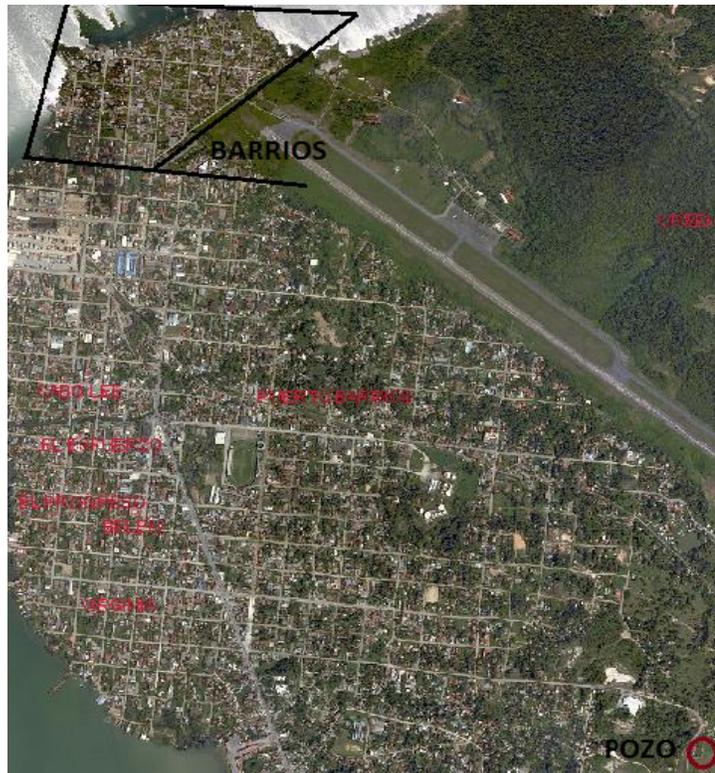
Fuente: Municipalidad de Puerto Barrios, Izabal.

1.1.2. **Clima**

El clima de Puerto Barrios es generalmente caluroso, pero en los meses de invierno se encuentran temperaturas poco frecuentes. Los datos obtenidos del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), son promedios anuales de la estación de observación ubicada en el aeropuerto del municipio.

La temperatura máxima es de 30,5 °C, la media es de 26,5 °C y la mínima es de 22 °C; los días de lluvia son entre 180 y 230 en el año; su precipitación promedio es de 3 375 mm y su humedad relativa es de 80 %.

Figura 2. **Ubicación del proyecto de abastecimiento de agua potable**



Fuente: Google Maps. Consulta: octubre de 2016.

1.1.3. Datos históricos

El conquistador Gil González Dávila hizo un asentamiento o pueblo en un puerto, los primeros meses del año 1524 que denominó San Gil de Buena Vista, en la parte que le pareció más apropiada para su descubrimiento y conquista, asentó otro pueblo que llamo San Gil; estos nombres aún se mantienen en el área protegida del Cerro San Gil.

El 7 de marzo de 1604, el navegante Francisco Navarro y el alcalde mayor de Guatemala Don Esteban de Alvarado fundan el puerto de Santo Tomás de

Castilla, por ser el día de Santo Tomás de Aquino y por Alonso Ciado de Castilla, el presidente de la Real Audiencia. En 1883 el presidente Justo Rufino Barrios tuvo la idea de unir la ciudad de Guatemala con un puerto en la costa del Atlántico por medio de un ferrocarril, sin embargo, la idea quedó en el olvido tras su muerte; pero en 1892 el presidente José María Reyna Barrios retomó los planes.

Por Decreto Gubernativo número 513, a partir del 19 de julio de 1895 es establecida la nueva ciudad con el nombre de Puerto Barrios, y en 1896 se declara como Puerto Mayor de la República. El 19 de abril de 1920 se eleva la ciudad a la categoría de municipio, y el mismo año Puerto Barrios se convierte en la cabecera del departamento de Izabal.

1.2. Características de infraestructura

Para el municipio de Puerto Barrios encontramos diversidad en su infraestructura, los cuales se presentan de la siguiente manera.

1.2.1. Vías de acceso

La vía de acceso del municipio de Puerto Barrios que se conecta con la ciudad de Guatemala es la carretera CA-9N, esta vía se encuentra asfaltada en su totalidad. Los barrios, El Rastro y El Estrecho se encuentran dentro de la cabecera municipal a una calle de separación con el nuevo edificio de la Municipalidad de Puerto Barrios. En los barrios los caminos son de terracería.

La aldea Quebrada Seca se encuentra a 5 kilómetros del cruce a Puerto Barrios, Santo Tomas de Castilla y la carretera CA-9N. Para llegar hasta la aldea se transita la calle principal de Santo Tomas de Castilla y después por

una calle secundaria, las cuales se encuentran pavimentadas, a partir de la aldea Quebrada Seca hasta llegar a la aldea El Mirador todos los caminos de ambas aldeas son de terracería.

1.2.2. Servicios públicos

Los servicios públicos deben cumplir con las necesidades básicas de la población, para que los habitantes alcancen un mejor nivel de vida con la atención en salud, energía eléctrica, agua potable, drenajes, por mencionar algunos.

1.2.2.1. Salud

Al ubicarse dentro del casco urbano, los barrios El Rastro y El Estrecho cuentan con puestos de salud a su disposición donde se encuentran: el centro de salud, el hospital nacional Japón-Guatemala y el hospital nacional infantil Elisa Martínez. Las aldeas de Quebrada Seca y El Mirador también pueden utilizar estos servicios pero deben recorrer mayores distancias para llegar al puesto de salud más cercano.

1.2.2.2. Energía eléctrica

Puerto Barrios cuenta con servicio de energía eléctrica que es proporcionado por la Empresa Eléctrica Municipal, que es comprado en bloques por el INDE y en Santo Tomas de Castilla es proporcionada por la Empresa Portuaria. Los barrios El Rastro y El Estrecho, cuentan con energía eléctrica, al igual que la aldea Quebrada Seca y la mayoría de las viviendas en la aldea, El Mirador.

1.2.2.3. Agua potable

En el municipio existen diferentes suministros de agua, de las cuales en un sector se utiliza el agua captada del río Las Escobas de la jurisdicción de Santo Tomas de Castilla, que es proporcionada por la empresa privada, Aguas de Izabal. Algunas colonias se abastecen de pozos mecánicos de los cuales existen 12 en funcionamiento.

Los sectores que no cuentan con abastecimiento de agua entubada del sector privado o público pueden comprar agua a entidades no profesionales que los puedan abastecer, almacenar agua de lluvia o acarrear agua, ya sea de la orilla del mar o de un río cercano. Los barrios El Rastro y El Estrecho no cuentan con agua entubada, algunas familias compran agua, otras utilizan agua de lluvia o del mar. En la aldea Quebrada Seca, la mayoría de las familias compra agua y el resto utiliza el agua del río Quebrada Seca, a diferencia de la aldea El Mirador, donde muy pocas familias compran tambos de agua y el resto almacena agua de lluvia y acarrea agua de los ríos o nacimientos cercanos.

1.2.2.4. Drenaje

Desde los inicios del municipio, debido a la topografía y al tipo de suelo, no se realizó un alcantarillado convencional, en su lugar se construyó un sistema de zanjas paralelas a las calles y avenidas para que estas sirvan como drenaje. Este sistema finaliza en las orillas del mar y se encuentran en más de la mitad de la cabecera del municipio, incluyendo los barrios El Rastro y El Estrecho.

Las aldeas Quebrada Seca y El Mirador se incluyen en la mitad del municipio que es área montañosa, y no cuentan con un adecuado sistema de

alcantarillado. Debido a las diferentes situaciones socioeconómicas en todo el municipio, se conoce que hay viviendas que dirigen las descargas de los drenajes a flor de tierra, al sistema de zanjas, a los ríos más cercanos o tienen una fosa séptica previa a la descarga en un cuerpo de agua. La mayoría de las viviendas en las aldeas utilizan letrinas.

1.3. Características socioeconómicas

Las características socioeconómicas del municipio de Puerto Barrios se refieren a la descripción social, cultural y económica en la que se encuentra este.

1.3.1. Educación

En la ciudad se cuenta con todos los niveles educativos de acceso público y privado, desde la educación de párvulos hasta la universitaria y una extensión de Intecap.

Al encontrarse en el área urbana, los barrios El Rastro y El Estrecho tienen la posibilidad que una gran parte de sus habitantes tengan acceso a todos los niveles de educación.

A diferencia de los habitantes que se encuentran en las aldeas de Quebrada Seca y El Mirador, donde muy pocos reciben los diferentes niveles educativos, realizando largos viajes desde sus viviendas hasta el centro de estudio, la mayoría recibe educación básica en pequeñas escuelas cercanas, donde todos los niños y niñas de diferentes edades estudian juntos en el mismo salón de clases; el resto no logra estudiar debido a que tiene que trabajar con sus padres.

1.3.2. Cultura

En el municipio, la mayoría de las personas profesa la fe cristiana y existen iglesias católicas, garífuna, luteranas, episcopales, adventistas y evangélicas.

En los barrios El Rastro y El Estrecho, la mayoría de los habitantes descienden de familias garífunas, los cuales continúan con sus tradiciones y cultura. Entre estos se puede mencionar la comida, que es de gran influencia en todo el municipio, como el tapado, el pan de coco, *rice and beans*, etc.

En las aldeas Quebrada Seca y El Mirador, sus habitantes son de descendencia ladina, donde algunos trabajan en el área urbana, pero la mayoría se dedica a la agricultura y ganadería.

1.3.3. Economía

El municipio cuenta con los muelles de Puerto Barrios y Santo Tomás de Castilla que generan grandes ingresos para el país, pero estos no son los mayores productores de empleo en Puerto Barrios. La sostenibilidad económica para los pobladores del municipio se da principalmente por medio del comercio, le sigue el transporte, servicios públicos o privados y por último, la agricultura.

Dentro de los barrios El Rastro y El Estrecho, continúan con la tradición de pescar y la mayoría trabaja de vender pescados y mariscos, o sus platillos tradicionales, el resto trabaja dentro del área urbana. Los pobladores de las aldeas Quebrada Seca hasta El Mirador recurren principalmente al monocultivo,

ganadería y granja avícola, pero algunos habitantes obtienen trabajos dentro del área urbana.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de agua potable en los barrios El Rastro y El Estrecho de Puerto Barrios, Izabal

El proyecto de este diseño tiene como objetivo brindar a los habitantes de los barrios El Rastro y El Estrecho de Puerto Barrios, Izabal, un sistema de agua potable de manera eficiente y segura, hasta sus viviendas.

2.1.1. Descripción del proyecto

El abastecimiento de agua potable es de gran valor para los habitantes de estos barrios. Por ello, en este proyecto se encuentra un pozo mecánico con suficiente caudal para cubrir la demanda actual y futura, este se conduce mediante bombeo hasta el tanque de distribución con capacidad de 312 m³, conectado a la tubería de distribución por gravedad de 4 160,83 metros, que llega a la red de distribución de 6 867,17 metros, donde se ubican los barrios.

2.1.2. Aspectos preliminares

2.1.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico ayuda a la obtención de información indispensable para el diseño, como la ubicación de los elementos importantes de un sistema de abastecimiento de agua, desde la fuente hasta la red de distribución; así como las cotas del terreno que nos determina la posición y

elevación para conocer las características donde se colocará la tubería y obras de todo el sistema.

Para un diseño eficiente se realiza un estudio topográfico preliminar para conocer las alternativas y escoger la mejor ruta para el proyecto. En la libreta de campo se debe anotar todos los puntos importantes que se encuentren y se dibujan todos los croquis que indiquen el levantamiento durante el proceso de este.

El levantamiento topográfico para este proyecto fue el taquimétrico, los instrumentos utilizados para su realización son: un teodolito electrónico, dos estadales, dos plomadas, varias estacas, junto con la colaboración que fueron proporcionadas por la municipalidad.

2.1.2.2. Aforo

El aforo es otra de las evaluaciones preliminares a realizar para el diseño y nos indica el caudal que recorre por la fuente de captación. Esto se debe realizar en época de verano o estiaje, para diseñar con el caudal crítico y conocer si este cumple con lo demandado por la comunidad en estudio.

La fuente seleccionada para este proyecto es un pozo mecánico existente, donde se utilizó el método de bombeo continuo para aforar y resultó de 16,406 l/s. Éste bombeo duró 30 horas sin detenerse, mientras se realizó la limpieza en el pozo por el Instituto de Fomento Municipal (Infom).

2.1.2.3. Calidad del agua

La calidad del agua debe ser analizada por entidades certificadas para realizar el análisis físicoquímico y bacteriológico del agua proveniente de la fuente que se utilizará para abastecer a la comunidad en estudio.

Se deben cumplir todos los parámetros que permitan beberla y destinarla a otros usos sin riesgo para la salud, establecidos por la norma Coguanor NGO 29 001 para considerarla agua potable. Para la obtención de resultados de estos análisis, se acudió a una empresa privada en Puerto Barrios, Izabal, que extrae agua de un pozo que se abastece de una vena proveniente del agua subterránea principal, donde se encuentra el pozo en estudio para este proyecto.

Esta empresa brindó los resultados de los análisis físicoquímicos y bacteriológicos realizados por la empresa privada Contro-Lab que se encuentran en los anexos.

2.1.2.3.1. Análisis físicoquímico

El análisis físicoquímico representa a los parámetros que determinan las características sensoriales detectadas por el consumidor y las sustancias que contiene el agua, entre estos se encuentra el color, sabor, olor, turbiedad, potencial de hidrógeno, magnesio, entre otros. Para la toma de muestras se utilizan recipientes limpios (preferiblemente de plástico) con volumen mínimo de un galón.

Todos los parámetros determinan la calidad del agua y para considerarla apta para su consumo no debe sobrepasar los límites máximos establecidos por

la norma Coguanor NGO 29 001, los resultados indican que el agua del pozo sobrepasa el límite máximo de color y no cumple con los requisitos de la norma. El análisis indica que se necesita un tratamiento mayor a la desinfección.

2.1.2.3.2. Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico representa la presencia de bacterias que contiene el agua en estudio; las bacterias que se determinan por grupos de coliformes totales, donde se encuentra el grupo de coliformes fecales que nos indica la presencia de contaminación fecal. La *escherichia coli* es la bacteria coliforme fecal que fermenta la lactosa e indicador de excretas.

Este parámetro no debe exceder lo establecido por la norma ya mencionada. Los resultados indican que el agua del pozo cumple con la norma; este análisis determina que solo necesita desinfección.

Todas las decisiones relacionadas con la calidad y tratamiento del agua deberán realizarse por la entidad que brindará el servicio y un profesional de la rama que cumpla con la línea de Segeplan.

2.1.3. Diseños técnicos

Para los proyectos de abastecimiento de agua potable se necesita cumplir con los factores de diseño que se encuentran en las normas establecidas por el Instituto de Fomento Municipal (Infom) y el Ministerio de Salud.

Con estas normas se asegura obtener como resultado el diseño más adecuado para cada situación.

2.1.3.1. Periodo de diseño

Se considera como la cantidad de tiempo en que todo el sistema diseñado funcionará eficientemente hasta llegar a su mayor capacidad. Para determinarlo se toma en cuenta los factores como por ejemplo: la vida útil de los materiales, calidad de los materiales y las construcciones.

Para este proyecto se establece, por efectos de la norma, que las obras civiles por la vida útil de todos los elementos, tendrá un periodo de 20 años y se considera un tiempo de gestión aproximado de 2 años.

2.1.3.2. Población futura

Para la proyección de la población futura se pueden utilizar varios métodos, pero con el objetivo de obtener el valor más apegado a la realidad de la comunidad.

Se utilizarán tres métodos de proyección para la población futura y para la realización de los dos métodos más comunes que son el Geométrico y Aritmético; se investigó la tasa de crecimiento en Instituto Nacional de Estadística (INE) que es de 2,5 % en Puerto Barrios. El tercer método es el geométrico decreciente que proyecta cuando la población tiene un valor máximo o de saturación.

- Método de Crecimiento Geométrico: se caracteriza por tener una velocidad de crecimiento directamente proporcional al valor de la población en cada instante. Su fórmula es la siguiente:

$$P_f = P_o * (1+i)^n$$

Donde:

P_f = población futura al finalizar el periodo de diseño

P_o = población del último censo

i = tasa de crecimiento poblacional

n = periodo de diseño

$$P_f = 3\,715 \cdot (1+0,025)^{22} = 6\,400 \text{ habitantes}$$

- Método Aritmético: su característica se basa en que la población tiene un incremento constante para incrementos de tiempos iguales. Su fórmula es la siguiente:

$$P_f = P_2 + \frac{(P_2 - P_1) \cdot (t_n - t_1)}{t_2 - t_1}$$

Donde:

P_f = población futura al finalizar el periodo de diseño

P_2 = población del último censo

P_1 = población del censo anterior al último

t_n = año de la población futura

t_2 = año del último censo

t_1 = año del censo anterior al último

$$P_f = 3\,715 + \frac{(3\,715 - 2\,835) \cdot (2036 - 2010)}{2014 - 2010} = 9\,435 \text{ habitantes}$$

- Método Geométrico Decreciente: se utiliza cuando la población tiene valor máximo conocido como de saturación, la población puede llegar a

este valor máximo de saturación a causa de sus recursos económicos, naturales o del área urbanizable. Su fórmula es la siguiente:

$$P_f = P_2 + (L_s - P_2) * (1 - e^{-K*(T-t_2)})$$

$$vc = \frac{-\ln\left(\frac{L_s - P_2}{L_s - P_1}\right)}{t_2 - t_1}$$

Donde:

P_f = población futura al finalizar el periodo de diseño

P_2 = población del último censo

P_1 = población del censo anterior al último

T = año de la población futura

t_2 = año del último censo

t_1 = año del censo anterior al último

L_s = población máxima o de saturación

vc = velocidad de crecimiento

$$vc = \frac{-\ln\left(\frac{4\,500 - 3\,715}{4\,500 - 2\,835}\right)}{2014 - 2010} = 0,1880$$

$$P_f = 3\,715 + (4\,500 - 3\,715) * (1 - e^{-0,188 * 22}) = 4\,500 \text{ habitantes}$$

Por lo indicado con anterioridad, se utilizará el Método Geométrico Decreciente por ser el más apegado a la realidad de la comunidad en estudio. Esto se debe a que los barrios El Rastro y El Estrecho se ubican en la orilla del lago de Izabal y la calle que la delimita son terrenos, en su mayoría, municipales; por lo tanto no tienen más área urbanizable o de expansión.

También se tomará en cuenta la población de estudiantes de una escuela primaria y preprimaria, que se encuentra finalizando los barrios, la población estimada en 22 años es de 400 escritorios.

2.1.3.3. Caudal de diseño

El caudal de diseño se determina con la información básica, aforo y estudio poblacional de la comunidad. Estos factores se utilizan para calcular los caudales de consumo que se emplean para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas adecuadas en el diseño de abastecimiento de agua.

Los factores y caudales de diseño que se utilizaron para este proyecto son los siguientes:

2.1.3.3.1. Dotación

Es la cantidad de agua que se asigna a un habitante que puede consumir en el transcurso de un día y se expresa en litros por habitante por día. Para determinar su valor se debe de tomar en cuenta el clima, calidad y cantidad del agua, presiones, actividades productivas y otros factores.

Para este proyecto se estimó el clima caliente del lugar, la buena calidad y gran cantidad del agua, como algunos factores. La dotación será de 120 litros por habitante por día, que entra en el rango exclusivo para conexiones prediales dadas en el normativo del Infom. La dotación utilizada para la población estudiantil será de 50 litros por escritorio por día.

2.1.3.3.2. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua promedio consumida por el habitante en un día por un año. El caudal medio diario se obtiene al multiplicar la dotación por la población futura y dividido por la cantidad de segundos que tiene un día. Para obtener este valor se utiliza la formula dada en la Guía de Normas Sanitarias para el Diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano del Infom y se expresa de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{\sum \text{Dot} * P_f}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario en litros por segundo

P_f = población futura

Dot = dotación en litros por habitantes por día

$$Q_m = \frac{(120 * 4\ 500) + (50 * 400)}{86\ 400} = 6,48 \text{ l/s}$$

2.1.3.3.3. Caudal de hora máxima

Es la cantidad de agua máxima consumida por el habitante en una hora del día y se utiliza en el diseño de la línea de distribución y la red de distribución. El caudal de hora máxima se obtiene al multiplicar el caudal medio diario por un factor que va desde 2 a 3 para poblaciones menores de 1 000 habitantes y de 2 para poblaciones mayores de 1 000 habitantes.

Este factor considera las variaciones que pueden suceder en el consumo de agua dependiendo de la hora, ya sea este el mínimo o máximo. La

población futura es mayor a 1 000 habitantes, por lo tanto se utilizará el factor de 2 y la fórmula del caudal es la siguiente:

$$Q_{H. MAX} = Q_m * FHM$$

Donde:

$Q_{H. MAX}$ = caudal de hora máxima en litros por segundo

Q_m = caudal medio diario en litros por segundo

FHM = factor de hora máxima

$$Q_{H. MAX} = 6,48 * 2 = 12,96 \text{ l/s}$$

2.1.3.3.4. Caudal día máximo

Es la cantidad de agua máxima consumida por el habitante en un día por un año y se utiliza en el diseño de la línea de conducción. El caudal de día máximo se obtiene al multiplicar el caudal medio diario por un factor que va de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 1,2 para mayores de 1 000 habitantes, cuando no existen registros de este parámetro para la población en estudio.

El factor máximo diario aumenta el caudal medio diario en un 20 a 50 % considerando las variaciones en un día promedio, esto se da porque el consumo de agua no es igual en un día de verano que en un día de invierno. Al conocer que la población futura es mayor de 1 000 habitantes se utiliza el factor de 1,2 y la fórmula del caudal es la siguiente:

$$QMD = Q_m * FMD$$

Donde:

QMD = caudal máximo diario en litros por segundo

Q_m = caudal medio diario en litros por segundo

FMD = factor máximo diario

$$QMD = 6,48 * 1,2 = 7,78 \text{ l/s}$$

2.1.3.3.5. Caudal de bombeo

Es la cantidad de agua que se extrae por medio del bombeo para abastecer el tanque de almacenamiento. El caudal de bombeo se obtiene al multiplicar el caudal máximo diario con las 24 horas de un día y dividido por la cantidad de horas de bombeo. Para el uso por día de las bombas se recomienda como máximo de 12 horas para motor diesel y de 18 horas para motores eléctricos, en el proyecto se toma 12 horas de bombeo diario. Su fórmula es la siguiente:

$$Q_b = \frac{QMD * 24}{\text{Número de horas de bombeo}}$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

QMD = caudal máximo diario en litros por segundo

$$Q_b = \frac{7,78 * 24}{12} = 15,56 \text{ l/s}$$

2.1.3.4. Diseño de la línea de conducción

Es la línea donde se ubicará la tubería que conduce desde la captación hasta el tanque de distribución, el caudal de día máximo.

En la municipalidad de Puerto Barrios se tomó la decisión de construir el tanque de distribución en el mismo terreno donde se encuentra ubicado el pozo mecánico. La línea de conducción para este proyecto se diseña como una conducción forzada y por bombeo.

2.1.3.4.1. Línea de bombeo o impulsión

Los sistemas de bombeo representan costos muy elevados comparados con los sistemas por gravedad, por lo que se determina el diámetro económico que es el de menor costo de corto y largo plazo, al seleccionar la tubería que no genere grandes pérdidas de carga, ni grandes costos de bombeo.

En las normas del Infom se encuentran los pasos para el cálculo del diámetro económico y la potencia del equipo de bombeo, las fórmulas y procedimiento de este proyecto se presentan a continuación:

- El primer paso es determinar el caudal de bombeo, que se calculó con anterioridad.
- El segundo paso es el cálculo del diámetro económico o líneas de bombeo. El procedimiento y análisis para su determinación se muestran a continuación:

- El rango de velocidades deben de estar comprendidas para minimizar el efecto del golpe de ariete, que es de 0,60 a 2 m/s, este rango se utiliza para calcular el intervalo donde se encuentra el diámetro económico. Su fórmula es la siguiente:

$$\phi = \sqrt{\frac{1,974 * Q_b}{v}}$$

Donde:

ϕ = diámetro en pulgadas

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

v = velocidad en metros por segundo

Para encontrar los intervalos del diámetro se utiliza la fórmula con los dos rangos de velocidades que se mencionaron.

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{1,974 * 15.56}{0,60}} = 7,15 \text{ ''}$$

$$\phi_2 = \sqrt{\frac{1,974 * 15.56}{2}} = 3,92 \text{ ''}$$

Se busca dentro del intervalo, los diámetros comerciales existentes que se encuentren dentro de él, en este caso los diámetros a evaluar son de 4, 5 y 6 pulgadas.

- Se calcula el costo mensual de amortización de la tubería con las siguientes ecuaciones:

$$C_{\text{Tub}} = \text{PU} * A * N$$

Donde:

C_{Tub} = costo de la tubería en Quetzales

PU = precio unitario de la tubería en Quetzales

A = amortización

N = número de tubos

$$A = \frac{r(r+1)^n}{(r+1)^n - 1}$$

Donde:

A = amortización

r = tasa de interés mensual en porcentaje

n = número de meses en que se amortizará la tubería

La tasa de interés lo da el Banco de Guatemala, el valor dado en enero de 2015 es de 13,60 % anual, pero se aproxima a 15 % anual por desconocer el valor en el momento real que se compre la tubería. El tiempo de amortización de la tubería se estima con el tiempo de vida útil promedio de una bomba, en este caso se utiliza 10 años. Estos valores se convertirán en mensuales y la amortización es de:

$$A = \frac{(0,15/12)*[(0,15/12)+1]^{10*12}}{[(0,15/12)+1]^{10*12} - 1} = 0,0161$$

El número de tubos que se colocarán desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento conociendo que su distancia son 3 metros, es de un tubo, sabiendo que miden 6 metros y que solo se puede comprar tubos completos.

La siguiente tabla muestra los costos de tubos PVC de clase 160 PSI y de junta rápida, para los diámetros a analizar:

Tabla I. **Costo mensual de la tubería**

Diámetro	Número de tubos	Amortización	Precio Unitario	Costo de la tubería
4"	1	0,0161	Q 655,00	Q 10,55
5"	1	0,0161	Q 1 010,00	Q 16,26
6"	1	0,0161	Q 1 420,00	Q 22,86

Fuente: precios del catálogo de Amanco.

- Se calcula el costo mensual de bombeo con las siguientes ecuaciones:

$$C_B = POT * No. * PU$$

Donde:

C_B = costo de bombeo al mes en Quetzales

POT = potencia de la bomba en kilovatios

No. = número de horas de bombeo mensual

PU = precio unitario del kilovatio-hora en Quetzales

$$POT = \frac{Q_b * H_f}{76 * e}$$

Donde:

POT = potencia de la bomba en caballos de fuerza

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

H_f = pérdida de carga por fricción en la tubería en metros

e = eficiencia en porcentaje

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * 1,05 * Q_b^{1,85}}{c^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga por fricción en la tubería en metros

L = longitud de la tubería en metros

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

c = coeficiente de fricción del material de la tubería

ϕ = diámetro en pulgadas

Se conoce que la longitud entre el pozo y el tanque es de 3 metros, el coeficiente de fricción es de 150 para el material de PVC. A continuación se utiliza la última ecuación para conocer la pérdida de carga de los diferentes diámetros a analizar:

$$H_{f4"} = \frac{1\,743,811 * 3 * 1,05 * 15,56^{1,85}}{150^{1,85} * 4,154^{4,87}} = 0,0808 \text{ m}$$

$$H_{f5"} = \frac{1\,743,811 * 3 * 1,05 * 15,56^{1,85}}{150^{1,85} * 5,135^{4,87}} = 0,0288 \text{ m}$$

$$H_{f6"} = \frac{1\,743,811 * 3 * 1,05 * 15,56^{1,85}}{150^{1,85} * 6,114^{4,87}} = 0,0123 \text{ m}$$

Al calcular las pérdidas de carga para cada diámetro, se encuentra la potencia necesaria para que el caudal de bombeo pase por los diferentes

diámetros. En el Infom se establece que la eficiencia de la bomba en ningún caso será menor al 60 % y se conoce que 1HP = 0,746 kw.

$$POT_{4''} = \frac{15,56 * 0,0808}{76 * 0,6} * 0,746 = 0,0206 \text{ kw}$$

$$POT_{5''} = \frac{15,56 * 0,0288}{76 * 0,6} * 0,746 = 0,0073 \text{ kw}$$

$$POT_{6''} = \frac{15,56 * 0,0123}{76 * 0,6} * 0,746 = 0,0031 \text{ kw}$$

La hora de bombeo diaria se estableció anteriormente con 12 horas, para conocer la hora mensual se multiplica este valor por 30 y da como resultado 360 horas al mes. La siguiente tabla muestra los costos mensuales de bombeo para los diámetros a analizar:

Tabla II. **Costo mensual de bombeo**

Diámetro	Potencia	Número de horas	Precio Unitario (kw-hora)	Costo de bombeo
4"	0,0206	360	Q 1,32	Q 9,79
5"	0,0073	360	Q 1,32	Q 3,47
6"	0,0031	360	Q 1,32	Q 1,47

Fuente: precio en kilovatio-hora establecido por la Empresa Eléctrica Municipal del municipio de Puerto Barrios, Izabal.

- El diámetro económico será el que tenga el costo más bajo, después de sumar los costos de la tubería y del bombeo de los diámetros analizados. Como se puede mostrar en la siguiente tabla, el menor de los costos lo obtiene la tubería de 5 pulgadas

de diámetro, por lo que es el diámetro económico para la línea de bombeo.

Tabla III. **Costo total**

Diámetro	Costo de la tubería	Costo de bombeo	Costo total
4"	Q 10,55	Q 9,79	Q 20,34
5"	Q 16,26	Q 3,47	Q 19,73
6"	Q 22,86	Q 1,47	Q 24,33

Fuente: elaboración propia.

- Al conocer el diámetro a utilizar se puede verificar el golpe de ariete, que es la sobrepresión que puede estar por encima o por debajo de la presión de trabajo de la tubería. Esta puede ser generada por el cierre brusco de una válvula, o bien por el arranque y apagado de la bomba, que provocan ruptura de la presión o aplastamiento, siendo el caso de presión positiva o negativa, respectivamente.

$$H + \Delta H < \text{presión de trabajo de la tubería}$$

Donde:

H = altura entre la boca del pozo y la entrada al tanque en metros

ΔH = sobrepresión en metros

Para conocer si la tubería resiste el golpe de ariete, se debe encontrar la celeridad, su velocidad y la sobrepresión para la verificación, las ecuaciones son las siguientes:

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E_v} * \frac{\phi_i}{\text{esp}}}}$$

Donde:

α = celeridad en metros por segundo.

k = módulo de elasticidad volumétrico del agua en kilogramos por centímetro al cuadrado.

E_v = módulo de elasticidad volumétrico del material de la tubería en kilogramos por centímetro al cuadrado.

ϕ_i = diámetro interno de la tubería en pulgadas.

esp = espesor de la pared de la tubería.

$$v = \frac{1,974 * Q_b}{\phi_i^2}$$

Donde:

v = velocidad en metros por segundo

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

ϕ_i = diámetro interno de la tubería en pulgadas

$$\Delta H = \frac{\alpha * v}{g}$$

Donde:

ΔH = sobrepresión en metros

α = celeridad en metros por segundo

v = velocidad en metros por segundo

g = aceleración de la gravedad en metros por segundo al cuadrado

Se conoce que:

$$k = 2,07 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_v \text{ de PVC} = 3 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_i = 5,135''$$

$$\text{esp} = 0,214''$$

$$Q_b = 15,56 \text{ l/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^4} \cdot \frac{5,135}{0,214}}} = 338,9 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{1,974 \cdot 15,56}{5,135^2} = 1,17 \text{ m/s}$$

$$\Delta H = \frac{338,9 \cdot 1,17}{9,81} = 40,42 \text{ m}$$

$$H + \Delta H = 3 + 40,42 = 43,42 \text{ m} < 112 \text{ m.c.a. (160 PSI)}$$

La clase de la tubería seleccionada es de 160 PSI, que en metros columna de agua son 112. Y como se ha corroborado, el golpe de ariete es menor que la presión de trabajo de la tubería y si cumple para resistirlo.

- El tercer paso es calcular la carga dinámica total, que es la sumatoria de las pérdidas de carga ocurridas por las distancias que recorre el agua, desde el punto de entrada de la bomba hasta el punto de descarga.

El profesional encargado de realizar el aforo recomienda colocar una bomba sumergible, a causa de que el caudal es grande y el pozo es muy profundo. Las pérdidas estimadas para una bomba sumergible son las siguientes:

- Altura del nivel dinámico a la boca del pozo, el dato es dado por la empresa que realiza el aforo:

$$H_1 = 112 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en la columna de agua desde la bomba sumergible hasta la boca del pozo, para encontrarla se utiliza la ecuación de Hazen y Williams:

$$H_2 = \frac{1\,743,811 \cdot 167,64 \cdot 15,56^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 5,135^{4,87}} = 1,53 \text{ m}$$

- Altura desde la boca del pozo a la entrada del tanque de almacenamiento:

$$H_3 = 3 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en la línea de impulsión horizontal desde el pozo hasta el tanque:

$$H_4 = \frac{1\,743,811 \cdot 3 \cdot 1,05 \cdot 15,56^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 5,135^{4,87}} = 0,0288 \text{ m}$$

- Pérdida por la velocidad encontrada anteriormente y su fórmula es la siguiente:

$$H_5 = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{1,17^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0698 \text{ m}$$

- Pérdidas menores; éstas se obtienen de las válvulas y accesorios que se encuentran a lo largo de la línea de impulsión. Generalmente se calculan como el 10 % de las pérdidas de carga en la línea de impulsión horizontal.

$$H_6 = 10 \% \cdot 0,0288 = 0,00288 \text{ m}$$

La fórmula representada para la carga dinámica total es la siguiente:

$$CDT = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6$$

Al obtener las pérdidas podemos calcular el valor de la carga dinámica total de nuestro sistema de bombeo:

$$CDT = 112 + 1,53 + 3 + 0,0288 + 0,0698 + 0,00288 = 116,63 \text{ m}$$

- El cuarto paso es calcular la potencia del equipo de bombeo, utilizando la siguiente ecuación:

$$POT = \frac{Q_b \cdot C.D.T}{76 \cdot \text{efi}}$$

Donde:

POT = potencia de la bomba en caballos de fuerza

Q_b = caudal de bombeo en litros por segundo

C.D.T.= carga dinámica total en metros

efi = eficiencia en porcentaje

$$POT = \frac{15,56 * 116,63}{76 * 0,60} = 39,79 \text{ HP}$$

La potencia de la bomba a utilizar será el valor próximo mayor que se encuentre comercialmente, en este caso es de 40 HP.

2.1.3.5. Diseño del tanque de distribución

El tanque de distribución se utiliza para almacenar la cantidad de agua que cumpla con la demanda máxima en un día y que distribuya el caudal demandado en las horas de máximo consumo por la población. La estructura del tanque de distribución para este proyecto será superficial con muros de gravedad de concreto ciclópeo, cubierto con una losa de concreto reforzado y una división de concreto reforzado.

Las normas del Infom recomiendan utilizar los datos de la demanda real de la comunidad para establecer el volumen del tanque de distribución. Al desconocer el dato se considera para el diseño del tanque el 40 a 65 % del caudal medio diario en sistemas por bombeo. Tomando en cuenta las características y la magnitud del proyecto se utilizará el 55 % en la siguiente fórmula:

$$Vol = \frac{55 \% * Q_m * 86\ 400}{1\ 000}$$

Donde:

Vol = volumen del tanque de distribución en metros cúbicos

Q_m = caudal medio diario en litros por segundo

$$\text{Vol} = \frac{55 \% * 6,48 * 86\ 400}{1\ 000} = 307,93 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque se aproxima a 312 m³ y sus dimensiones son de 10,20 metros de largo, 10,20 metros de ancho y 3 metros de alto.

El diseño estructural del tanque de distribución consta de diferentes partes, las cuales se diseñan con cálculos diferentes y se presentan a continuación:

- Diseño de losa superior:

Esta losa se dividirá en cuatro partes iguales cubriendo la parte de arriba del tanque, será de concreto reforzado y se diseña cada parte con el método 3 del *American Concrete Institute* (ACI) 318.

- Se analiza la dimensión de la losa.

$$\text{relación} = \frac{\text{ancho}}{\text{largo}} = \frac{5,1 \text{ m}}{5,1 \text{ m}} = 1$$

La relación es mayor a 0,5 que indica que trabajará en dos sentidos.

- Al trabajar en dos sentidos el espesor (t) de la losa se calcula de la siguiente manera:

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} = \frac{5,1 \cdot 4}{180} = 0,11 \text{ m}$$

- Integración de carga muerta

$$W_{\text{losa}} = \text{peso específico del concreto} \cdot \text{espesor}$$

$$W_{\text{losa}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,11 \text{ m} = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 90 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{sobrecarga}} = 264 + 90 = 354 \text{ kg/m}^2$$

- Integración de carga viva, según AGIES NSE.

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

- Integración de cargas últimas.

$$CM_u = 1,4 \cdot CM = 1,4 \cdot 354 = 495,6 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_u = 1,7 \cdot CV = 1,7 \cdot 100 = 170 \text{ kg/m}^2$$

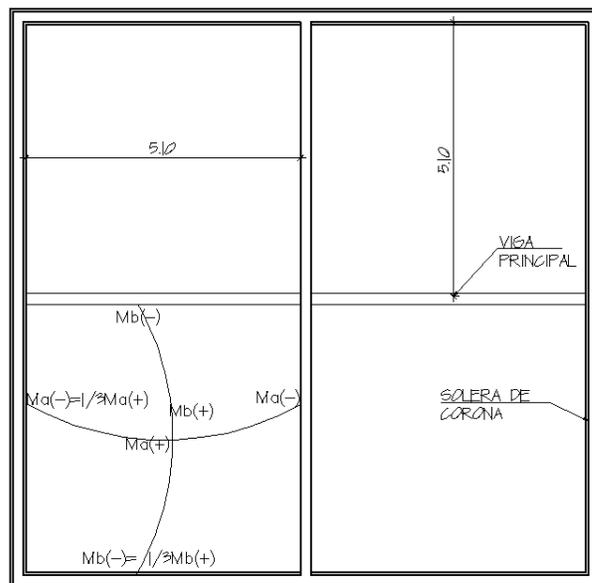
$$CU = CM_u + CV_u = 495,6 + 170 = 665,6 \text{ kg/m}^2$$

- Los momentos que se ejercen en una de las cuatro partes de la losa, se muestran en la figura 3. Estos se repiten para cada una de las partes de la losa.

Se observa que dos de los lados perpendiculares, se analizan como simplemente apoyados por ser discontinuos, el ACI menciona que en estos lados los momentos negativos no pueden ser menores a la tercera parte del momento positivo. Los otros dos son continuos, los momentos negativos de estos lados y los momentos positivos para el lado corto y largo se calculan con los coeficientes del caso 4 de las tablas del ACI 318 R-99.

Los coeficientes y las dimensiones para el lado corto y largo son los mismos, en este caso los momentos con las mismas características se calculan igual para el lado corto y largo.

Figura 3. **Diagrama de momentos de la losa superficial**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

$$Ma^+ = Mb^+ = Cb_{CVu}^+ * CVu * b^2 + Cb_{CMu}^+ * CMu * b^2$$

$$Ma^- = Mb^- = Cb_{CU}^- * CU * b^2$$

$$Ma^- = Mb^- = \frac{Mb^+}{3}$$

Donde:

Ma^+ = momento positivo del lado "a" en kilogramos por metro

Mb^+ = momento positivo del lado "b" en kilogramos por metro

Ma^- = momento negativo del lado "a" en kilogramos por metro

Mb^- = momento negativo del lado "b" en kilogramos por metro

Cb_{CVu}^+ = coeficiente para momento positivo "b" por la carga viva última

Cb_{CMu}^+ = coeficiente para momento positivo "b" por la carga muerta última

Cb_{CU}^- = coeficiente para momento negativo "b" por la carga última

CVu = carga viva última en kilogramo sobre metro cuadrado

CMu = carga muerta última en kilogramo sobre metro cuadrado

CU = carga última en kilogramo sobre metro cuadrado

b = longitud del lado "b" en metros

$$Ma^+ = Mb^+ = 0,032 * 170 * 5,10^2 + 0,027 * 495,6 * 5,10^2 = 583,93 \text{ kg-m}$$

$$Ma^- = Mb^- = 0,05 * 665,6 * 5,10^2 = 865,61 \text{ kg-m}$$

$$Ma^- = Mb^- = \frac{583,93}{3} = 194,64 \text{ kg-m}$$

- Peralte (d) con diámetro de varilla propuesta de 3/8 de pulgada

$$d = t\text{-recubrimiento} - \frac{\text{diámetro}}{2} = 11 - 2,5 - \frac{0,9525}{2} = 8,02 \text{ cm}$$

Se utilizará un peralte de 8 centímetros.

- Área de acero mínimo ($A_{s_{min}}$) con resistencia a la fluencia del refuerzo (f_y) de grado 40.

$$A_{s_{min}} = 40 \% * \frac{14,1}{f_y} * 100 * d = 40 \% * \frac{14,1}{2810} * 100 * 8 = 1,61 \text{ cm}^2$$

- El espaciamiento máximo (S_{max}) entre varillas no debe de ser mayor a 30 centímetros.

$$S_{max} = 3t = 3 * 11 = 33 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

- Determinar el espaciamiento (S) entre varillas para el área del acero mínimo con el diámetro de la varilla propuesta.

$$\begin{array}{r} 1,61 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 - S \end{array}$$

$$S = 44,10 \text{ cm} > S_{max}$$

Por ser mayor al espaciamiento máximo se utilizará $S_{max} = 30$ para calcular la nueva área de acero mínimo con el área de la varilla propuesta.

$$\begin{array}{r} A_{s_{min}} - 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 - 30 \text{ cm} \end{array}$$

$$A_{s_{min}} = 2,37 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del momento último que resiste el área de acero mínima calculada con la resistencia del concreto (f'_c) de 210 kg/cm²

$$M_U \text{ de } A_{s_{\min}} = \phi * A_{s_{\min}} * f_y \left(d - \frac{A_{s_{\min}} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right)$$

$$M_U \text{ de } A_{s_{\min}} = 0,9 * 2,37 * 2810 \left(8 - \frac{2,37 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) = 46831,73 \text{ kg-cm}$$

$$M_U \text{ de } A_{s_{\min}} = \frac{46831,73 \text{ kg-cm}}{100 \text{ cm}} = 468,32 \text{ kg-m}$$

Se comprueba que el momento último calculado con el área de acero mínimo no resistirá el momento máximo que se ejerce en la losa calculado anteriormente.

- Determinar el área de acero que se necesita para resistir el momento máximo que ejerce una de las partes de la losa.

$$A_{s_{\max}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_{\max} * b * 100}{0,3825 * f'_c}} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

$$A_{s_{\max}} = \left[100 * 8 - \sqrt{(100 * 8)^2 - \frac{865,61 * 100 * 100}{0,3825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 4,48 \text{ cm}^2$$

- Determinar el espaciamiento (S) entre varillas necesario para el área de acero máximo utilizando la varilla propuesta.

$$\begin{aligned} 4,48 \text{ cm}^2 &- 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 &- S \end{aligned}$$

$$S = 15,85 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

El espaciamiento no debe ser mayor para soportar el momento máximo, y por factores en la construcción se utilizará 15 cm de espaciamiento entre varillas número 3 de grado 40, que resistirá todos los momentos ejercidos en cada parte de la losa para ambos lados del armado como se encuentra en el plano correspondiente (ver apéndice).

- Diseño de viga principal

La viga principal se ubica en medio de la losa general siendo dos en total, las fuerzas resultantes de las secciones de la losa adyacentes a la viga se transmiten hacia la viga principal, para su diseño estructural se utiliza el ACI-318.

- Área tributaria de una sección de la losa

$$A_{\Delta} = \frac{\text{Base} \cdot \text{altura}}{2} = \frac{5,10 \cdot 2,55}{2} = 6,5025 \text{ m}^2$$

- Carga viva puntual (P_V) de las dos secciones de la losa

$$P_V = 2 \cdot A_{\Delta} \cdot CV = 2 \cdot 6,5025 \text{ m}^2 \cdot 100 \text{ kg/m}^2 = 1\,300,5 \text{ kg}$$

- Carga viva de la viga (W_V)

$$W_V = \frac{P_V}{\text{longitud}} = \frac{1\,300,5}{5,10} = 255 \text{ kg/m}$$

- Dimensionamiento de la viga según el ACI-318 08

$$\text{altura}(h) = \frac{\text{longitud}}{14,83} = \frac{5,10}{14,83} = 0,3439 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{base}(b) = \frac{\text{altura}}{2} = \frac{0,35}{2} = 0,175 = 0,20 \text{ m}$$

$$\text{peralte}(d) \geq 0,8h = 0,8 * 0,35 = 0,28 \text{ m} \rightarrow d = 0,30 \text{ m}$$

- Carga muerta de la viga (W_M)

$$W_M = h * b * \text{peso específico del concreto}$$

$$W_M = 0,35 * 0,20 * 2400 = 168 \text{ kg/m}$$

- Carga última de la viga (W_U)

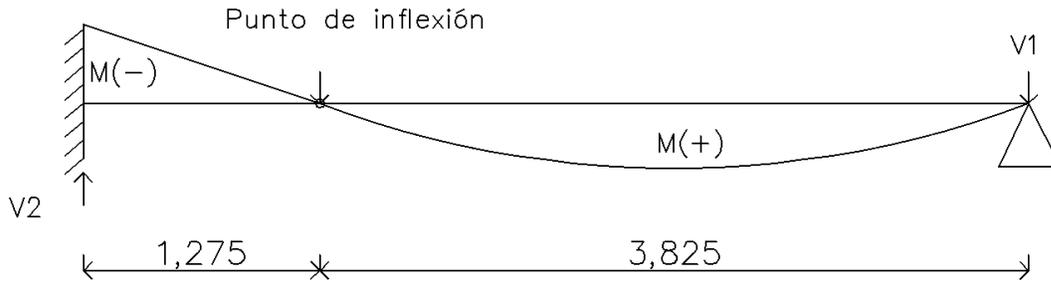
$$W_U = 1,4W_M + 1,7W_V$$

$$W_U = 1,4 * 168 + 1,7 * 255 = 668,7 \text{ kg/m}$$

- Determinación de momentos y corte actuantes de la viga.

Analizando que un extremo de la viga (donde es discontinua) está simplemente apoyada y el otro esta empotrada (donde la viga continua), por tener mayor rigidez que el otro extremo, así como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de momento y puntos de corte de la viga



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

$$V_1 = \frac{W_u \cdot longitud}{2} = \frac{668,7 \cdot 3,825}{2} = 1\ 245,45 \text{ kg}$$

$$M(-) = \frac{W_u \cdot l^2}{2} + V_1 \cdot l = \frac{668,7 \cdot 1,275^2}{2} + 1\ 245,45 \cdot 1,275 = 2\ 131,48 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = \frac{W_u \cdot longitud^2}{8} = \frac{668,7 \cdot 3,825^2}{8} = 1\ 159,83 \text{ kg-m}$$

$$V_2 = W_u \cdot l + V_1 = 668,7 \cdot 1,275 + 1\ 245,45 = 2\ 098,04 \text{ kg}$$

- o Cuantía mínima (ρ_{\min})

$$\rho_{\min} = \frac{14,1}{f_y} = \frac{14,1}{2\ 810} = 0,00502$$

- o Cuantía máxima (ρ_{\max}), conociendo que la cuantía balanceada es de $\rho_b = 0,0371$

$$\rho_{\max} = 0,5\rho_b = 0,5 * 0,0371 = 0,01856$$

- Área de acero mínimo y máximo para la viga según su sección.

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d = 0,00502 * 20 * 30 = 3,01 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b * d = 0,01856 * 20 * 30 = 11,14 \text{ cm}^2$$

- Área de acero requerido para resistir los momentos de la viga.

$$A_s^- = \left[20 * 30 - \sqrt{(20 * 30)^2 - \frac{2 * 131,48 * 100 * 20}{0,3825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2 * 810} = 2,92 \text{ cm}^2$$

$$A_s^+ = \left[20 * 30 - \sqrt{(20 * 30)^2 - \frac{1 * 159,83 * 100 * 20}{0,3825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2 * 810} = 1,56 \text{ cm}^2$$

Las áreas de acero requeridas para soportar los momentos actuantes son menores que el área de acero mínima calculada por su sección, esto significa que se utilizará el área de acero mínima porque resistirá los momentos de la viga.

El ACI indica que se debe colocar como mínimo cuatro varillas en una viga, las dos varillas de parte de arriba y las de abajo de la viga contendrán el acero mínimo. Como no existen varillas que contengan exactamente el área de acero mínimo se utilizarán dos varillas número 5 en la parte de arriba y abajo, con área de acero de 3,88 cm².

- Chequeo de la fluidez del área de acero con el concreto.

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{3,88 \cdot 2810}{0,85 \cdot 210 \cdot 20} = 3,05$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{3,05}{0,85} = 3,59$$

$$\epsilon_s = 0,003 \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \left(\frac{30 - 3,59}{3,59} \right) = 0,022 \gg 0,00137$$

La deformación del acero es mayor que el límite de deformación del acero estimado de grado 40, lo que significa que si fluye y el acero si trabajará en conjunto con el concreto.

- Chequeo por corte en la viga.

En el capítulo 11 del ACI se encuentran las ecuaciones para estimar la fuerza de corte ejercida transversalmente en la viga, para proteger a la viga de estas fuerzas se colocan estribos a lo largo de la viga, se realiza el cálculo de la fuerza de corte resistente de los estribos (V_s) y del concreto (V_c) que deberán ser mayor a las fuerzas de corte actuantes.

$$V_u = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,53 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \cdot 0,75 = 0,53 \sqrt{210} \cdot 20 \cdot 30 \cdot 0,75 = 3456,19 \text{ kg}$$

$$V_s = \frac{2 \cdot f_y \cdot d \cdot A_{s_{est}}}{S} = \frac{2 \cdot 2810 \cdot 30 \cdot 0,32}{10} = 5395,2 \text{ kg}$$

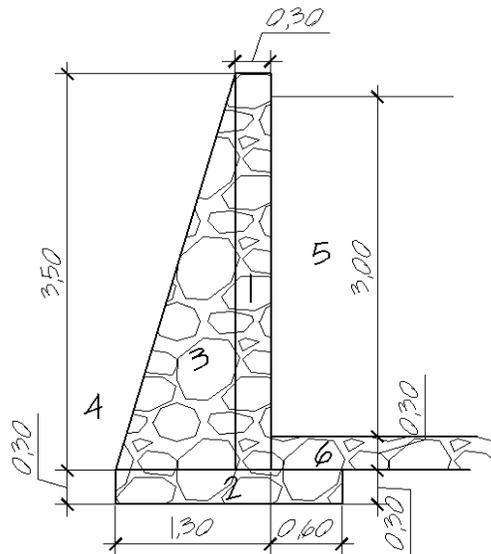
El acero de los estribos y el concreto si chequean porque pueden resistir fuerzas de corte mayores a las que actuarán en la viga.

Las varillas número 2 que se utilizarán como estribos se separarán de la siguiente manera: el primero a 5 cm del punto más rígido de la viga, los siguientes 7 a cada 10 cm que es el doble de la altura de la viga y el resto a cada 30 cm (ver apéndice).

- Diseño del muro externo.

El análisis estructural es de muro de contención por gravedad, el material a utilizar es de concreto ciclópeo. El diseño es para un tanque superficial y su análisis en el estado crítico será cuando el tanque este lleno.

Figura 5. **Muro externo del tanque de almacenamiento.**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

Datos:

$$f'_c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso específico del concreto } (\rho_c) = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del concreto ciclópeo } (\rho_{cc}) = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$H_{cc} = 3,80 \text{ m}$$

$$\text{Peso específico del agua } (\rho_a) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H_a = 3 \text{ m}$$

$$\text{Peso específico del suelo } (\rho_s) = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$H_s = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Valor soporte del suelo } (V_s) = 10 \text{ T/m}^2 \text{ (asumido)}$$

$$\text{Ángulo de fricción interna del suelo } (\Phi) = 10^\circ \text{ (asumido)}$$

$$\text{Coeficiente de fricción suelo-muro } (\mu) = 0,3 \text{ (asumido)}$$

- Dimensionamiento de la base del tanque.

$$\text{Base} = 0,5 * H_{cc} = 0,5 * 3,80 = 1,90 \text{ m}$$

- Dimensionamiento de la punta del tanque.

$$\text{Punta} = 0,15 * H_{cc} = 0,15 * 3,80 = 0,57 = 0,60 \text{ m}$$

- Determinación del coeficiente activo

$$k_a = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} = \frac{1 - \sin 10^\circ}{1 + \sin 10^\circ} = 0,704$$

- Determinación del coeficiente pasivo

$$k_p = \frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi} = \frac{1 + \sin 10^\circ}{1 - \sin 10^\circ} = 1,42$$

- Presión pasiva horizontal.

$$\text{Presión de la tierra } (P_t) = k_p * \rho_s * H_s = 1,42 * 2 * 1,50 = 4,26 \text{ T/m}^2$$

- Presión activa horizontal.

$$\text{Presión del agua } (P_a) = k_a * \rho_a * H_a = 0,704 * 1 * 3 = 2,112 \text{ T/m}^2$$

- Cargas totales de las presiones.

$$\text{Presión total de la tierra } (P_{Tt}) = \frac{P_t * H_s}{2} = \frac{4,26 * 1,50}{2} = 3,195 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Presión total del agua } (P_{Ta}) = \frac{P_a * H_a}{2} = \frac{2,112 * 3}{2} = 3,168 \text{ T/m}^2$$

- Momentos al pie del muro.

$$\text{Momento por la tierra } (M_t) = \frac{P_{Tt} * H_s}{3} = \frac{3,195 * 1,50}{3} = 1,598 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Momento por el agua } (M_a) = \frac{P_{Ta} * H_a}{3} = \frac{3,168 * 3}{3} = 3,168 \text{ T/m}^2$$

Con la siguiente tabla se obtienen los momentos que actúan en el muro externo, calculado según las figuras que forma el diseño.

Tabla IV. **Momentos del muro externo**

Figura	Área (m ²)	ρ (T/m ³)	Carga (T/m)	Brazo	Momento (T/m-m)
1	1,05	2,50	2,63	1,15	3,03
2	0,57	2,50	1,43	0,95	1,36
3	1,75	2,50	4,38	0,67	2,94
4	0,204	2,50	0,41	0,11	0,05
5	1,80	2,50	1,80	1,60	2,88
6	0,18	2,50	0,45	1,60	0,72
			Σ=11,10		Σ=10,98

Fuente: elaboración propia.

- Determinación de la carga última de viga perimetral, utilizando la carga viva de la viga principal.

$$W_M = 0,35 * 0,20 * 2\ 400 = 168 \text{ kg/m}$$

$$W_U = 1,7 * W_V + 1,4 * W_M = 1,7 * 2 * 255 + 1,4 * 168 = 1\ 102,20 \text{ kg/m}$$

- Determinación de la carga ejercida por la viga principal.

$$W_{\text{viga}} = \frac{V_2}{\text{longitud del muro}} = \frac{1\ 245,45}{10,20} = 122,10 \text{ kg/m}$$

- Determinación de la carga total y momento ejercidos por la losa, viga principal y perimetral.

$$W_T = W_U + W_{\text{viga}} = 1\ 102,20 + 122,10 = 1\ 224,30 \text{ kg/m} = 1,22 \text{ T/m}$$

$$M = \text{brazo} * W_T = 1,15 * 1,22 = 1,403 \text{ T/m}^2$$

- El chequeo de estabilidad contra volteo debe cumplir con la siguiente condición.

$$\text{Fuerza de volteo} = \frac{\sum \text{Momento resistente}}{\sum \text{Momento actuante}} > 2$$

$$\text{Fuerza de volteo} = \frac{1,403 + 1,598 + 10,98}{3,168} = 4,41 > 2$$

- El chequeo de estabilidad contra deslizamiento debe cumplir con la siguiente condición.

$$\text{Fuerza de deslizamiento} = \frac{\sum \text{Fuerza resistente}}{\sum \text{Fuerza actuante}} = \frac{P_{Tt} + W_T + \mu * W_{\text{muro externo}}}{P_{Ta}} > 1,5$$

$$\text{Fuerza de deslizamiento} = \frac{3,195 + 1,22 + 0,3 * 11,10}{3,168} = 2,45 > 1,5$$

- El chequeo de falla por capacidad de soporte de carga debe cumplir con la siguiente condición.

$$3 * X > \text{Base}$$

$$X = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Cargas resistentes}} = \frac{1,598 + 10,98 + 1,403}{3,195 + 11,10 + 1,22} = 0,90$$

$$3 * 0,90 = 2,70 > 1,90$$

Esta condición indica que las cargas verticales se transmiten correctamente por la base del muro externo.

- Determinación de la excentricidad (ex).

$$ex = \frac{\text{base}}{2} - X = \frac{1,90}{2} - 0,9 = 0,05$$

- Determinación de las presiones máximas y mínimas del terreno y chequeo de las siguientes condiciones.

$$q_{\max} \geq V_s \quad ; \quad q_{\min} > 0$$

$$q = \frac{W_{\text{muro ext}} + W_T}{\text{base}} \pm \frac{(W_{\text{muro ext}} + W_T) \cdot e}{\frac{\text{base}^2}{6}}$$

$$q = \frac{11,10 + 1,22}{1,90} \pm \frac{(11,10 + 1,22) \cdot 0,05}{\frac{1,90^2}{6}} =$$

$$q_{\max} = 7,51 \text{ T/m}^2 \geq V_s = 10 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\min} = 5,46 \text{ T/m}^2 > 0$$

Al ser la presión mínima mayor que cero nos indica que no existen presiones negativas, es decir, ningún esfuerzo de tensión en el extremo de la sección del talón del muro.

- Diseño del muro interno.

El muro interno mide 3,20 metros de altura, es de concreto armado y separa el tanque de almacenamiento en dos cámaras, para abastecer a la

población con una de las cámaras, mientras se realiza la limpieza en la otra. Para el diseño estructural se utiliza el capítulo 14 del ACI – 318 08.

- Determinar la presión (P) total ejercida por el agua en el muro interno.

$$P = \rho_a * \frac{H_a}{2} = 1\,000 * \frac{3}{2} = 1\,500 \text{ kg/m}^2$$

- Determinar la fuerza (F) que actúa en una franja unitaria de 100 cm. La distancia en la que se ejerce está en la tercera parte de la altura desde su base.

$$F = P * \text{Franja Unitaria} * \frac{H_a}{3} = 1\,500 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m} * \frac{3 \text{ m}}{3} = 1\,500 \text{ kg}$$

- Determinación del momento máximo ejercido por el agua.

$$M = 0,128 * P * H_a = 0,128 * 1\,500 * 3 = 576 \text{ kg-m}$$

- Determinación del momento último.

$$M_U = 1,7 * M = 1,7 * 576 = 979,20 \text{ kg-m}$$

- Determinación del momento nominal requerido (M_n) para resistir.

$$M_n = \frac{M_U}{\phi} = \frac{979,20}{0,90} = 1\,088 \text{ kg-m}$$

- El espesor (t) que se analiza para el muro es de 20 cm, al igual que la base de la viga que sostendrá y conociendo la franja unitaria de 100 cm, el área de sección transversal (A_g) del muro es:

$$A_g = t * F.U. = 20 * 100 = 2\,000 \text{ cm}^2$$

- Determinación el área de acero vertical mínimo (AsV_{min}).

$$AsV_{min} = \rho_{minV} * A_g = 0,0015 * 2\,000 = 3 \text{ cm}^2$$

- Determinación de la fuerza de tensión en el acero.

$$T = AsV_{min} * f_y = 3 * 2\,810 = 8\,430 \text{ kg}$$

- Al conocer que la fuerza de tensión del acero y la fuerza de compresión del concreto (C) deben de estar en balance, se realiza una igualación entre las dos fuerzas y se despeja la altura del bloque de esfuerzos equivalentes (a).

$$C = 0,85 * f'_c * b * a = T$$

$$a = \frac{T}{0,85 * f'_c * b} = \frac{8\,430}{0,85 * 210 * 100} = 0,4723 \text{ cm}$$

- Determinar el momento resistente (M_R) en la franja unitaria del muro, y tiene que cumplir con la condición de $M_R > M_n$.

$$d = t - \text{rec.} = 20 - 5 = 15 \text{ cm}$$

$$M_R = \frac{T}{100} \left(d - \frac{a}{2} \right) = \frac{8\,430}{100} \left(15 - \frac{0,4723}{2} \right) = 1\,244,59 \text{ kg-m}$$

$$M_R = 1\,244,59 \text{ kg-m} > M_n = 1\,088 \text{ kg-m}$$

El momento resistente si cumple al ser mayor que el momento nominal, esto significa que el diseño estimado para la estructura del muro llegará a soportar más momento que el ejercido por el agua.

- Determinación del área de acero horizontal mínimo ($A_{sH_{\min}}$).

$$A_{sH_{\min}} = \rho_{\min H} * A_g = 0,0025 * 2\,000 = 5 \text{ cm}^2$$

- Para conocer la separación máxima (S_{\max}) entre varillas se utiliza $3t$ pero no debe superar los 45 cm.

$$S_{\max} = 3t = 3 * 20 = 60 \text{ cm} \rightarrow 45 \text{ cm}$$

Como se sobrepasa del límite se tomará los 45 cm como la separación máxima que deben de tener las varillas verticales y horizontales.

- Determinar el espaciamiento (S) entre varillas verticales para una de las camas del muro, utilizando la mitad del área de acero mínimo con el diámetro de la varilla No. 3.

$$\begin{array}{l} 1,50 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 - S \end{array}$$

$$S = 47,30 \text{ cm} > S_{\max}$$

Por ser mayor al espaciamiento máximo se utilizará $S_{\max} = 45$ cm para calcular la nueva área de acero vertical mínimo con el área de la varilla propuesta.

$$\begin{aligned} AsV_{\min} &- 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 &- 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$AsV_{\min} = 1,58 \text{ cm}^2$$

- Determinar el espaciamiento (S) entre varillas horizontales para una de las camas del muro, utilizando la mitad del área de acero mínimo con el diámetro de la varilla número 3.

$$\begin{aligned} 2,50 \text{ cm}^2 &- 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 &- S \end{aligned}$$

$$S = 28,4 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$

Por facilidad de construcción se utilizará $S = 25$ cm y para calcular la nueva área de acero horizontal mínimo con el área de la varilla propuesta.

$$\begin{aligned} AsH_{\min} &- 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 &- 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$AsH_{\min} = 2,84 \text{ cm}^2$$

El muro interno tendrá dos camas de acero idénticas que se ubica cada una en cada cara del muro con un recubrimiento de 5 cm, estas camas contienen varillas verticales número 3 a cada 45 cm y varillas horizontales número 3 a cada 25 cm (ver detalle en apéndice).

- Diseño de losa inferior.

Esta losa cubrirá la parte de debajo del tanque de almacenamiento y el diseño estructural será de concreto ciclópeo.

- Determinación del volumen que ejercerá fuerzas sobre la losa.

$$\text{Vol} = \text{largo} * \text{ancho} * \text{alto}$$

$$\text{Vol del agua} = 10,20 * 10,20 * 3 = 312,12 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol del muro interno} = 10,20 * 0,20 * 3,20 = 6,53 \text{ m}^3$$

- Determinación del peso ejercido sobre la losa.

$$\text{Peso del agua} = \rho_a * \text{Vol} = 1\ 000 * 312,12 = 312\ 120 \text{ kg} = 312,12 \text{ T}$$

$$\text{Peso del muro interno} = \rho_c * \text{Vol} = 2\ 400 * 6,53 = 15\ 672 \text{ kg} = 15,67 \text{ T}$$

- Determinación de la presión ejercida sobre toda la losa, que no debe de ser mayor que el valor soporte del suelo.

$$P = \frac{\Sigma \text{Peso}}{\text{Área de la losa}} = \frac{312,12 + 15,67}{10,20^2} = 3,15 \text{ T/m}^2$$

Esta presión es menor que $V_s = 10 \text{ T/m}^2$, lo que indica que el suelo puede soportarla y no necesita refuerzo extra. La losa inferior será de concreto ciclópeo con 30 cm de espesor para garantizar la impermeabilidad en el suelo y se debe verificar la fuerza de corte en el talón.

- La fuerza de corte último (V_{CU}) es la capacidad resistente del talón en una franja unitaria de 100 cm.

$$V_{CU} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * F.U. * \text{espesor}$$

$$V_{CU} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = 19\,585 \text{ kg} = 19,59 \text{ T}$$

- Determinación de la carga que soporta el talón.

$$W \text{ del talón} = F.U. * [\rho_{cc} (t_{\text{losa inf.}} + t_{\text{talón}}) + \rho_a * H_a]$$

$$W \text{ del talón} = 1 \text{ m} * [2,5 \text{ T/m}^3 (0,30 + 0,30) + 1 \text{ T/m}^3 * 3 \text{ m}] = 4,5 \text{ T/m}$$

- Chequeo del corte actuante sobre el talón que debe cumplir con la siguiente condición.

$$V_{CU} > V_a$$

$$V_a = \frac{W \text{ del talón} * \text{Base del talón}}{2} = \frac{4,5 * 0,60}{2} = 1,35 \text{ T}$$

$$V_{CU} = 19,59 \text{ T} > V_a = 1,35 \text{ T}$$

Se puede verificar que la condición si se cumple, esto quiere decir que el talón puede resistir la fuerza cortante que se le ejercerá sin necesidad de refuerzo.

2.1.3.6. Diseño de la línea de distribución

Es la línea que conforma la tubería que transporta el caudal de hora máxima desde el tanque de almacenamiento hasta la red de distribución. Se analiza como tubería forzada y por gravedad; para su diseño se aplicará el Teorema de Bernoulli que indica que la diferencia de altura es igual a la suma de todas las pérdidas de carga, y para los cálculos se muestra la siguiente ecuación que es de Hazen y Williams.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q_{H. MAX}^{1,85}}{c^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga por fricción en la tubería en metros

L = longitud de la tubería en metros

$Q_{H. MAX}$ = caudal de hora máxima en litros por segundo

c = coeficiente de fricción del material de la tubería

ϕ = diámetro en pulgadas

A lo largo de la línea de distribución se instalan dispositivos especiales, para este proyecto se instalarán las siguientes válvulas.

- Válvula de aire.

Las válvulas de aires se colocan en los puntos más altos de la línea o donde se produzca acumulación de aire, su función es la extracción del aire en ese punto. La acumulación de aire produce ineficiencia en línea de distribución al evitar que el agua transcurra con la presión y caudal estimados para el diseño.

- Válvula de limpieza.

Las válvulas de limpieza se colocan en los puntos más bajos de la línea, su función, cuando se realiza el mantenimiento, es la de extraer sedimentos que ingresen en la tubería o para realizar reparaciones. Estas válvulas serán de tipo compuerta.

Las válvulas de aire y limpieza serán de bronce con adaptadores para tuberías de PVC (ver apéndice para su ubicación y detalles).

Los cálculos realizados para el diseño de distribución se muestran a continuación:

- Primero se determinan los diámetros a utilizar a lo largo de la tubería cumpliendo con lo anterior, despejando el diámetro de la ecuación y elevando 12 m.c.a. de presión en la entrada de la red de distribución tenemos:

$$H_f = \text{cota del tanque} - \text{cota de la entrada de la red} + 12 \text{ m.c.a.}$$

$$H_f = 138,47 \text{ m} - 99,35 \text{ m} + 12 \text{ m.c.a.} = 27,12 \text{ m}$$

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 \cdot L \cdot Q_{H. \text{ MAX}}^{1,85}}{C^{1,85} \cdot H_f} \right)^{1/4,87}$$

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 \cdot 4\,160,83 \cdot 12,96^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 27,12} \right)^{1/4,87} = 5,28''$$

Se utilizará el diámetro comercial superior e inferior del resultado que son de 5 y 6 pulgadas.

- Con los diámetros encontrados se calculan las pérdidas de carga de cada diámetro.

$$H_{f5''} = \frac{1\,743,811 * 4\,160,83 * 12,96^{1,85}}{150^{1,85} * 5^{4,87}} = 30,85 \text{ m}$$

$$H_{f6''} = \frac{1\,743,811 * 4\,160,83 * 12,96^{1,85}}{150^{1,85} * 6^{4,87}} = 12,70 \text{ m}$$

- Determinación de la longitud real para cada diámetro a lo largo de la tubería de distribución.

$$L_{5''} = \frac{4\,160,83 * (27,12 - 12,70)}{30,85 - 12,70} = 3\,305,74 \text{ m}$$

$$L_{6''} = 4\,160,83 - 3\,305,74 = 855,09 \text{ m}$$

- Determinación de las pérdidas reales para cada diámetro en la tubería de distribución.

$$H_{f5''} = \frac{1\,743,811 * 3\,305,74 * 12,96^{1,85}}{150^{1,85} * 5^{4,87}} = 24,51 \text{ m}$$

$$H_{f6''} = \frac{1\,743,811 * 855,09 * 12,96^{1,85}}{150^{1,85} * 6^{4,87}} = 2,61 \text{ m}$$

Se corrobora si éstas pérdidas son correctas al sumarlas y que el resultado sea el mismo que el utilizado para conocer los diámetros.

$$\sum H_f = 24,51 + 2,61 = 27,12 \text{ m}$$

- Según las normas del Infom las velocidades (V) dentro de la tubería no debe de ser menor a 0,40 m/s para asegurar que las piedras pequeñas no logren sedimentarse, en caso que se asegure que no existan se puede aceptar velocidades más bajas y no debe de ser mayor a 3 m/s para no crear erosiones o dañar la infraestructura del sistema, pero si se protege adecuadamente se puede aceptar velocidades mayores.

$$V_{5''} = \frac{1,97353 * 12,96}{5^2} = 1,02 \text{ m/s}$$

$$V_{6''} = \frac{1,97353 * 12,96}{6^2} = 0,71 \text{ m/s}$$

Las velocidades de ambos diámetros son aceptables y dentro de la norma.

2.1.3.7. Red de distribución

La red se conforma de varias líneas de tubería que transporta el caudal de hora máxima desde el final de la línea de distribución hasta la población. Se pueden componer de tuberías principales y secundarias.

Las redes de distribución pueden ser:

- Red abierta.

Este tipo de red se utiliza cuando la población que se abastecerá se encuentran dispersos entre sí, con calles indefinidas y con topografía accidentada.

- Red de circuito cerrado.

Este tipo de red se utiliza cuando la población que se abastecerá se ubica en lugares más planificados, con calles definidas y logran tener forma de malla, por conectarse todo el sistema.

El tipo de red que se utilizará es de circuito cerrado porque se encuentra en un área con calles definidas y se ubican de forma planificada. Los puntos de consumo se consideran en los nodos, normalmente se encuentran en las esquinas de las calles y abastecerán dentro de su área de influencia. La presión de la red es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno, según la norma del Infom esta debe estar entre 10 y 40 metro columna de agua (m.c.a.).

El diseño de una red de circuito cerrado debe cumplir que la pérdida de carga de todo el sistema sea igual a cero. Para lograrlo se encuentran dos métodos que son:

- Método de la Gradiente Hidráulica o el Método de Bustamante que compensa presiones.
- Método de Hardy-Cross que compensa los caudales si el cierre de los circuitos no es mayor a 1 % del caudal de entrada.

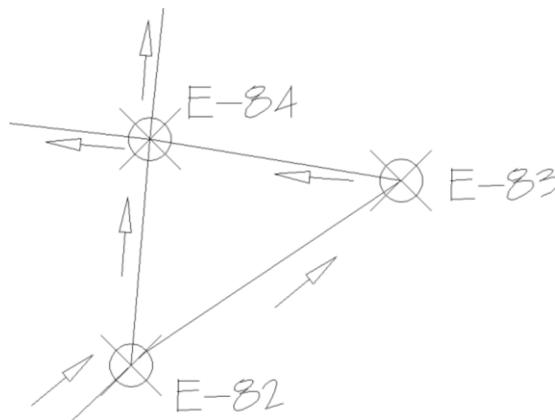
El método utilizado es el de Hardy-Cross por ser más exacto.

2.1.3.8. Diseño de la red de distribución

Como ejemplo se presenta a continuación los cálculos de uno de los circuitos que está formado por las cotas E-82, E-83 y E-84.

- Con los puntos determinados con la topografía, se le dará la dirección a los caudales de preferencia siguiendo la pendiente del terreno, en este caso se acomoda de manera que exista flujo en el circuito.

Figura 6. Dirección de caudales del circuito



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

- Determinación de los caudales en cada punto al calcular la dotación si se estiman 6 habitantes en cada casa.

Datos:

Dot = 120 L/hab/día

FHM = 2

Casas a distribuir E-82 = 5

Casas a distribuir E-83 = 18

Casas a distribuir E-84 = 20

$$Q_{E-82} = \frac{5 * 6 * 120 * 2}{86\ 400} = 0,08 \text{ L/s}$$

$$Q_{E-83} = \frac{18 * 6 * 120 * 2}{86\ 400} = 0,30 \text{ L/s}$$

$$Q_{E-84} = \frac{20 * 6 * 120 * 2}{86\ 400} = 0,33 \text{ L/s}$$

Para la distribución de la cantidad de caudal que recorrerán los tramos de tubería, se determinaron según criterio propio de manera que se abastezcan todos los circuitos con caudales no menores a 0,10 L/s.

- Chequeo de caudales en nudos que debe cumplir la siguiente condición.

$$\sum \text{caudal de entrada} = \sum \text{caudal de salida}$$

Nudo E-82:

$$3,47 \text{ L/s} = 0,08 + 1 + 2,39$$

$$3,47 \text{ L/s} = 3,47 \text{ L/s}$$

Nudo E-83:

$$2,39 \text{ L/s} = 0,30 + 2,09$$

$$2,39 \text{ L/s} = 2,39 \text{ L/s}$$

Nudo E-84:

$$1 + 2,09 = 0,33 + 1 + 1,76$$

$$3,09 \text{ L/s} = 3,09 \text{ L/s}$$

- Determinación de los diámetros para cada tramo entre nudos, estos no deberán ser menores a 2 pulgadas.

Tramo de E-82 a E-84:

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * 80,17 * 1^{1,85}}{150^{1,85} * 0,24} \right)^{1/4,87} = 2,30 \rightarrow \text{usar } 2,50''$$

Tramo de E-83 a E-84:

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * 89,47 * 2,09^{1,85}}{150^{1,85} * 0,24} \right)^{1/4,87} = 3,12 \rightarrow \text{usar } 3''$$

Tramo de E-82 a E-83:

$$\phi = \left(\frac{1\,743,811 * 115,30 * 2,39^{1,85}}{150^{1,85} * 0,14} \right)^{1/4,87} = 3,87 \rightarrow \text{usar } 4''$$

- Los caudales tendrán signo positivo si giran a la derecha y a la izquierda tendrán signo negativo. Conociendo su signo se determina la pérdida de carga y se divide dentro del caudal para encontrar las correcciones (Δ) del circuito con la siguiente ecuación.

$$\Delta = \frac{- \sum H_f}{1,85 * \sum \frac{H_f}{Q}}$$

Tramo de E-82 a E-84:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 80,17 * 1^{1,85}}{150^{1,85} * 2,50^{4,87}} = 0,15 \text{ m}$$

$$\frac{H_f}{Q} = \frac{0,15}{1} = 0,15$$

Tramo de E-83 a E-84:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 89,47 * 2,09^{1,85}}{150^{1,85} * 3^{4,87}} = -0,27 \text{ m}$$

$$\frac{H_f}{Q} = \frac{-0,27}{-2,09} = 0,13$$

Tramo de E-82 a E-82:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 115,30 * 2,39^{1,85}}{150^{1,85} * 4^{4,87}} = -0,11 \text{ m}$$

$$\frac{H_f}{Q} = \frac{-0,11}{-2,39} = 0,05$$

$$\Delta = \frac{-(0,15 - 0,27 - 0,11)}{1,85 * (0,15 + 0,13 + 0,05)} = 0,39$$

Como se puede observar no cumple con la condición de:

$$|\Delta| < 1 \% * Q_{\text{entrada}} \text{ del sistema}$$

$$|0,39| \ngtr 1 \% * 12,96 = 0,1296 \text{ L/s}$$

Por lo tanto, se sumó la corrección al caudal y se realizó el mismo procedimiento hasta que se cumplió la condición, en este caso se realizaron cinco correcciones donde la mayor corrección tiene 0,1278 y encontrar el caudal y pérdida de carga final.

- Determinación de las presiones en los nodos. Se conoce que en el inicio de la red de distribución se tiene 12 m.c.a. de presión para conocer las presiones restantes.

$$\text{Presión} = \text{cota piezométrica} - \text{cota terreno}$$

$$\text{Presión E-82} = 110,28 \text{ m} - 100,01 \text{ m} = 10,27 \text{ m}$$

$$\text{Presión E-83} = 110,18 \text{ m} - 100,15 \text{ m} = 10,03 \text{ m}$$

Presión E-84= 110,03 m - 99,66 m = 10,37 m

Este circuito tiene la presión más baja del sistema en el nodo E-83 y al ser mayor que la presión mínima requerida y la mayor es de 12 m.c.a, se aprueban las presiones calculadas (ver datos y detalles en apéndice).

2.1.4. Presupuesto

El resumen del presupuesto que se realizó para estimar el costo de la elaboración del proyecto de abastecimiento de agua potable a los barrios El Rastro y El Estrecho, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla V. Presupuesto

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
1	Trabajos Preliminares				
1.1	Replanteo Topográfico	MI	11 028	Q 29,41	Q 324 328,20
1.2	Limpieza Y Chapeo	M2	11 132	Q 0,68	Q 7 515,82
2	Conducción				
2.1	Excavación De Zanja	M3	3	Q 58,80	Q 176,40
2.2	Relleno De Zanja	M3	2,96	Q 59,59	Q 176,40
2.3	Suministro Y Colocación De Elementos Y Accesorios En La Línea De Conducción	MI	3	Q 50 683,34	Q 152 050,01
3	Distribución				
3.1	Excavación De Zanja	M3	9 371,50	Q 58,80	Q 551 044,20

Continuación tabla V.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
3.2	Relleno De Zanja	M3	9 274,91	Q 58,80	Q 545 364,71
3.3	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 8"	MI	300	Q 599,48	Q 179 842,74
3.4	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 6"	MI	757	Q 603,04	Q 456 498,14
3.5	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 5"	MI	3 969	Q 587,66	Q 2 332 409,94
3.6	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 4"	MI	1 030	Q 588,86	Q 606 528,86
3.7	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 3"	MI	1 080	Q 586,72	Q 633 652,88
3.8	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 2 1/2"	MI	1 413	Q 587,54	Q 830 189,92
3.9	Suministro Y Colocación Tubería PVC 160 Psi Diámetro 2"	MI	2 479	Q 586,90	Q 1 454 920,46

Continuación tabla V.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
4	Obras De Arte				
4.1	Tanque De Distribución 312 M3	Unidad	1	Q 296 083,48	Q 296 083,48
4.2	Válvula De Limpieza + Caja	Unidad	2	Q 6 833,98	Q 54 671,82
4.3	Válvula De Aire + Caja	Unidad	4	Q 5 552,61	Q 22 210,44
4.4	Acometida Domiciliar	Unidad	749	Q 1 715,78	Q 1 285 116,70
5	Otros				
5.1	Suministro Y Colocación Clorador	Unidad	1	Q 2 590,00	Q 2 590,00
5.2	Escalera De Aluminio 10 Pies	Unidad	1	Q 1 345,82	Q 1 345,82
Total					Q 9 736 716,93

Fuente: elaboración propia.

El costo total del presupuesto para este proyecto es de nueve millones setecientos treinta y seis mil setecientos dieciséis Quetzales con noventa y tres centavos.

2.1.5. Propuesta de tarifa

La tarifa que se presenta es una estimación de lo que la municipalidad puede o no cobrarles a los habitantes que se les abastecerá agua con este proyecto. La tarifa se utiliza para que en el tiempo de operación del proyecto (20 años) sea sostenible, con la aportación de los habitantes se cubrirán gastos de operación y mantenimiento. Para realizar la propuesta se consideraron los siguientes puntos:

- Operación

Se contratará a un fontanero para inspección del sistema, realizar revisiones y operación del equipo de bombeo. Se le contratará por Q 80,00 por día de trabajo y deberá ir dos veces por semana, el factor de prestaciones de la municipalidad es de 1,66.

$$Q 80,00 * 104 \text{ días al año} * 1,66 = Q 13 811,20 \text{ anuales}$$

$$\frac{Q 13 811,20 \text{ anuales}}{12 \text{ meses}} = Q 1 150,93 \text{ mensuales}$$

- Mantenimiento

El costo del mantenimiento se estima como un porcentaje de 0,30 % del presupuesto final del proyecto, y se utilizará para la compra de materiales y herramientas necesarios para realizar el mantenimiento del sistema.

$$\frac{0,30 \% * 9 736 716,93}{12} = Q 2 434,18 \text{ mensuales}$$

- Bombeo

Anteriormente se determinó que la bomba que se utilizará trabaja con energía eléctrica, el costo de la electricidad mensual por su consumo en kilovatios se presenta a continuación:

$$39,79 \text{ HP} * 0,746 = 29,68 \text{ kw}$$

$$29,68 \text{ kw} * 360 \text{ horas de bombeo} * Q 1,32 = Q 14 103,94 \text{ mensuales}$$

La tarifa se estima con la suma de los puntos anteriores y se divide en la cantidad de predios estimados en la actualidad. Y el resultado es la tarifa que se propone cobrar mensualmente a cada predio conectado.

$$Q 1 150,93 + Q 2 434,18 + Q 14 103,94 = Q 17 689,05$$

$$\frac{Q 17 689,05}{733 \text{ predios}} = 24,13 \rightarrow Q 25,00$$

2.1.6. Evaluación de impacto ambiental

La humanidad cada vez es más consiente respecto a cómo afectan sus acciones al ambiente, para evitar casos graves e irreversibles, se realizan las evaluaciones del impacto que tendrá un proyecto a su ambiente.

La evaluación de impacto ambiental consiste en determinar el estado de un proyecto en conjunto con su medio ambiente. Se estipula como requisito de los proyectos para conocer el efecto que tendrá la elaboración del proyecto con la flora, fauna, aire, agua, sonido y habitantes de su entorno. Para este requisito se debe obtener la aprobación por parte del Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales (MARN), es decir, el proyecto en sus etapas de ejecución, operación y abandono no deben de presentar riesgos a su ambiente y de ser inevitable o posible tiene que tener un plan de contingencia para evitarlo o disminuirlo hasta el punto de ser aceptado.

Para efectuar los estudios de evaluación de impacto ambiental y su diagnóstico, el MARN indica que se necesita seguir los siguientes pasos:

- Contratación de un consultor ambiental registrado en el MARN.

- Todos los documentos legales de la empresa y/o representante legal.
- Original del informe técnico según la guía de términos de referencia proporcionados por el MARN.
- Constancia de publicación en un diario de mayor circulación (no Diario de Centroamérica) en el tamaño de 2 por 4 pulgadas.

Con motivo de dar a conocer y que entiendan todos los interesados de la región, se indica que si en la región se utilizan idiomas mayas, la publicación también debe presentarse en esos idiomas; según artículo 33 del reglamento 23-2003 (la información multilingüe puede ser obtenida en el INE).

2.1.7. Evaluación socioeconómica

Las evaluaciones económicas se realizan para tener control de los gastos de manera prudente, para obtener de las inversiones un rendimiento óptimo.

En caso de los países que realizan proyectos del punto de vista humanitario, para su nación, se busca tener eficiencia en los gastos públicos en proyectos con mayor rentabilidad socioeconómica. La evaluación social consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad, así como la contribución al desarrollo del país.

2.1.7.1. Valor presente neto

Para el valor presente neto (VPN) se utiliza la tasa de interés activo actual del banco de Guatemala de 13,11 %. Para su cálculo se trasladan todos los

ingresos y egresos que se generarán en el transcurso de la vida útil del proyecto.

Datos:

Presupuesto del proyecto = Q 9 736 716,93

Tarifa propuesta anual = Q 300

Gasto de operación, mantenimiento y bombeo anual = Q 212 268,60

Vida útil = 20 años

Conexiones = 733

Tasa de interés = 13,11 %

$$VPN = - 9\,736\,716,93 + (300 \cdot 733 - 212\,268,60) \cdot \frac{(1+0,1311)^{20}-1}{0,1311(1+0,1311)^{20}}$$

$$VPN = - 9\,683\,460,69$$

El resultado da un valor negativo que indica que proyecto no es rentable, pero como se busca principalmente el bienestar social no se considera.

2.1.7.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) se puede considerar como la tasa de descuento, donde el valor presente neto es igual a cero o expresado de la siguiente manera.

$$VPN_{INGRESOS} = VPN_{EGRESOS}$$

Si los ingresos son iguales o mayores a los egresos, significará que la tasa de interés es efectiva y que con la TIR se recuperará la inversión del proyecto.

Como se ha explicado, el interés de la ejecución del proyecto es por el bienestar y mejora social, por lo tanto no se necesita la TIR por ser un caso no lucrativo.

2.2. Ampliación y mejoramiento de tramo carretero que conduce desde la aldea Quebrada Seca hasta la aldea El Mirador de Santo Tomás de Castilla de Puerto Barrios, Izabal

El proyecto de ampliación y mejoramiento del tramo mencionado, se determinó de gran importancia porque contribuirá al desarrollo comercial para las aldeas Quebrada Seca y El Mirador, a su vez será de beneficio para las personas que transiten de forma segura por el tramo carretero mejorado.

2.2.1. Descripción del proyecto

El tramo carretero se diseñó como camino rural tipo F y de región montañosa, la carretera tiene 3 metros de ancho en cada lado y 3 439,50 metros de longitud, su velocidad de diseño es de 20 kilómetros por hora, se recubrirá con una capa de material de balasto hasta una pendiente máxima de 14 %, sin embargo el camino es existente dejando poco margen de mejora, por lo que se utilizará 15 % como máximo en este proyecto; las cunetas serán naturales hasta una pendiente máxima de 8 %.

En las pendientes mayores a los máximos mencionados se cubrirán respectivamente con carriles empedrados y cunetas revestidas.

El agua de lluvia se evacúa para que no dañe la carretera, para ello se colocaron drenajes transversales en diferentes puntos de la carretera.

2.2.2. Aspectos preliminares

2.2.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico ayuda a la obtención de información indispensable para el diseño, como la ubicación de los elementos importantes de un tramo carretero. El equipo utilizado fue una estación total, dos prismas con su respectivo trípode y varias estacas, por lo que el método utilizado fue con conservación de azimut.

2.2.2.1.1. Planimetría

La planimetría es la representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. En los planos de este proyecto se encuentran las curvas horizontales, curvas de transición, tangentes, hombros, etc.

En la planimetría se presenta horizontalmente el terreno al que se realizó el levantamiento topográfico, este muestra en el eje horizontal la ubicación que recorrerá la carretera, su longitud, ancho, características no naturales y los accidentes geográficos que se encuentren en contorno a lo largo del tramo carretero.

2.2.2.1.2. Altimetría

La altimetría es la representación vertical de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las elevaciones de este. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano vertical, tiene como objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados en el terreno. En los planos de este proyecto se encuentran las curvas verticales, pendientes, tangentes, subrasantes, etc.

En la altimetría se presenta verticalmente el terreno al que se realizó el levantamiento topográfico, este muestra en el eje vertical la ubicación que recorrerá la carretera, su longitud, elevación, características no naturales y accidentes geográficos que se encuentren en el recorrido del tramo carretero.

2.2.2.2. Tipo de carpeta de rodadura

La carpeta de rodadura utilizada para este proyecto, conociendo que es de tipo F de terreno montañoso para una región rural, es de balasto. El balasto es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

Se colocará conforme se vaya terminando de construir la subrasante y su espesor total esta entre 0,10 y 0,25 metros en el proyecto se utilizará de 0,20 metros. Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño y su peso unitario suelto no debe ser menor de 1 450 kg/m³.

2.2.2.3. Estudios de suelo

Es necesario el análisis del suelo para conocer las características de la subrasante, subbase, base, balasto, etc. Todos estos materiales de suelo, dependiendo de su función, tienen que tener características de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes que indica la Dirección General de Caminos (DGC), para óptimos resultados de duración y seguridad.

En este proyecto por ser una carretera tipo F de terreno montañoso, su sección se constituye por la subrasante y balasto. Los estudios de suelos se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad de San Carlos de Guatemala (ver anexos).

2.2.2.3.1. Subrasante

La muestra fue tomada dentro del tramo carretero en estudio, se rellenó un saco con su material y los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Granulometría con tamices y lavado previo.

El estudio según la norma ASTM D6913-04 de la granulometría, clasifica el material del suelo según el diámetro de este, para la subrasante indica la descripción del suelo, es decir, de qué está compuesto. Los materiales a estabilizar de la subrasante no deben de contener partículas mayores de 70 milímetros.

El estudio indica que contiene 91,22 % de finos, 7,56 % de arena y 1,23 % de grava. Se describe como limo color café por contener en gran parte limo que representa a los finos.

- Límites de Atterberg.

Este ensayo fue realizado por la norma AASHTO T-89 y T-90, se determina por contener humedad el material, para analizar las propiedades plásticas de los suelos finos, que se deforman hasta cierto límite sin romperse.

En el ensayo se encuentra el límite líquido que indica el contenido de agua en el que una masa de suelo se encuentra entre su estado líquido para pasar a su estado plástico. Su resultado en el estudio es de 46,70 %.

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, que representa la variación de humedad que conserva en estado plástico el suelo. Los límites dependen de la calidad y tipo de arcilla presente en la muestra, pero el índice de plasticidad depende usualmente de la cantidad de arcilla en el suelo. Su resultado en el estudio es de 9,80 % que indica que es un suelo de mediana plasticidad, clasificándolo como S.C.U. de ML, y describiéndolo como limo color café.

- Razón soporte california (CBR).

Este ensayo fue realizado por la norma AASHTO T-193, determina la capacidad soporte que tiene un suelo compactado a su densidad máxima en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Puede medir la resistencia al corte, bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener el porcentaje de la relación de soporte requerido para

hacer penetrar un pistón estándar en la muestra, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

El material de subrasante ya estabilizado debe tener un CBR mínimo de 20, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación y un hinchamiento máximo de 1 %. Su resultado es de 3 % para una compactación de 95 %, clasificándolo como muy pobre y que su uso solo puede ser como subrasante, con expansión menor de 3 %.

- Compactación.

Este ensayo fue realizado por la norma AASHTO T-180 de proctor modificado, determina las características de compactación que son la humedad óptima y densidad seca máxima, es decir, su máxima compactación, porque la excesiva y escasez de agua sobre el suelo, ocasiona que el suelo no pueda ser compactado al máximo.

La compactación óptima se realiza para mejorar su capacidad de carga, disminuir la absorción de agua y reducir la sedimentación. Su resultado es de 28,50 % de humedad óptima para la subrasante y 1 408,16 kg/m³ u 87,90 libra/pie³ de densidad seca máxima.

Como se demuestra a través de los ensayos, el material de la subrasante no cumple satisfactoriamente los parámetros necesarios para una carretera, por lo que necesita estabilizar la subrasante existente con cal, para obtener y alcanzar las especificaciones dadas por las normas.

2.2.2.3.2. Balasto

La muestra proviene de un banco de material que se encuentra dentro del tramo carretero en estudio, se rellenó un saco con su material y los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Granulometría con tamices y lavado previo.

Este ensayo fue realizado por la norma ASTM D6913-04, el agregado grueso máximo que se utilice para el material de balasto no debe de ser mayor a 2/3 del espesor de diseño del balasto, pero sin ser mayor a 10 cm.

Su resultado es de 85,64 % de grava, 11,22 % de arena y 3,14 % de finos.

- Límites de Atterberg.

Este ensayo fue realizado por la norma AASHTO T-89 y T-90, debido a la composición del material no se realizó el ensayo por el agregado grueso, se clasifica que no es plástico o no contiene plasticidad. La descripción dada al suelo fue de grava arenosa color gris.

- Peso específico del suelo.

Este ensayo fue realizado por la norma AASHTO T-19, determina el peso de la muestra sobre su volumen, el método utilizado fue donde el desplazamiento de agua, al sumergir este suelo en un estanque lleno de agua, se calcula el volumen.

Para aceptar el material, su peso unitario suelto no debe ser menor a 1 450 kg/m³ y su resultado fue de 1 577,86 kg/m³.

- Compactación.

Este ensayo fue realizado por la norma AASHTO T-180 de proctor modificado, las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95 % de la densidad máxima. Su resultado es de 3,56 % de su humedad óptima y 2 134,67 kg/m³ o 133,25 libra/pie³.

Como se demuestra a través de los ensayos, el material que se desea utilizar como balasto, cumple satisfactoriamente los parámetros necesarios para una carretera, únicamente se debe clasificar bien la granulometría en el momento de la ejecución.

2.2.2.4. Tránsito promedio diario anual

Para el diseño de una carretera se debe conocer el tránsito promedio diario anual (TPDA), que se utiliza para conocer el volumen o cantidad de vehículos que transitará la carretera que se analiza, en una sección determinada y en un periodo de tiempo que sea mayor a un día, menor o igual a un año.

El TPDA define entre livianos o pesados y los tipos de funciones de los vehículos, haciéndolo un elemento valioso para el diseño. Con el TPDA se puede clasificar el tipo de una carretera, que va desde la tipo A hasta la tipo F.

2.2.3. Diseño geométrico

El diseño de una carretera debe estar geoméricamente correcto, tanto vista en planta como en su perfil, para que la carretera cumpla con ser cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. La geometría de la vía tiene como regla básica el ser segura, por lo que su diseño será simple y uniforme.

El diseño geométrico es la parte más importante de un proyecto de carretera, ya que debe de ser funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito (ver apéndice).

Este proyecto está basado en las Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos Rurales en Guatemala, Caminos Ambientalmente Compatibles (ETCCRG) y en el manual centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, para realizar un adecuado diseño.

2.2.3.1. Alineamiento horizontal

También es conocido como diseño geométrico en planta de una carretera, este es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real, el alineamiento horizontal está formado por las siguientes características:

2.2.3.1.1. Diseño

Para el diseño del alineamiento horizontal se toma en cuenta que al tener la TPDA menor a 100 vehículos su tipo de carretera es F, seleccionada para

carreteras rurales, con carriles de 3 metros de cada lado. Y por la topografía montañosa se toma 20 kilómetros por hora para su velocidad de diseño.

2.2.3.1.2. Selección de ruta

Una ruta es aquella franja de terreno comprendida entre dos puntos obligados extremos y que pasa a lo largo de puntos obligados intermedios, dentro de la cual es factible realizar la localización del trazado de una vía. Los puntos obligados son aquellos sitios extremos o intermedios por los que necesariamente deberá pasar la vía, ya sea por razones técnicas, económicas, sociales o políticas.

Por ser un proyecto de ampliación y mejoramiento, del tramo carretero que une a las aldeas de Quebrada Seca y El Mirador, se buscó suavizar y mejorar la vía existente de manera que cumpla con los requisitos geométricos y de las especificaciones para garantizar seguridad, sin reubicar la vía, también se buscó no aumentar demasiado el presupuesto del proyecto.

2.2.3.1.3. Tangentes

En la ruta de la carretera vista en planta, las tangentes (T) son las secciones rectas que se encuentran entre curvas, inician desde el principio tangente (PT) anterior hasta el principio de curva (PC) siguiente. Continuando después de PC hasta el punto de intersección (PI) se encuentra la sub tangente (ST) que también es una recta pero no se incluye en los planos finales de la carretera, únicamente se utiliza para su diseño.

2.2.3.1.4. Hombros

También conocidos como espaldones, son las franjas de carretera ubicadas a la par de los carriles de circulación y que, en conjunto con estos, forman el ancho de corona o la sección entre los bordes de los taludes y sus justificaciones. Según el Manual Centroamericano de Normas SIECA son las siguientes:

- La necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, al excluir los hombros, estos vehículos con problemas se ven invitados a invadir los carriles de circulación, con riesgo para la seguridad del tránsito.
- Para llenar la importante función de dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento.

Los hombros se encuentran a lo largo de la carretera en ambos carriles, para este proyecto los hombros tienen un metro de ancho, mantiene el bombeo y las pendientes verticales de la carretera.

2.2.3.1.5. Curvas horizontales

Las curvas utilizadas en planta para este proyecto son circulares simples, que son arcos de circunferencia de un solo radio que unen a dos tangentes, conformando la proyección horizontal de las curvas reales. Todas las curvas son empleadas cuando al transitar por la carretera se debe cambiar de dirección.

Los elementos geométricos que caracterizan una curva circular simple son los siguientes:

- Ángulo delta (Δ): también se conoce como ángulo de deflexión de las tangentes, es el ángulo de deflexión principal y es igual al ángulo central subtendido por el arco entre PC y PT.
- Ángulo de curvatura (G): es el valor del ángulo central que subtiende un arco o cuerda de determinada longitud, escogidos como arco unidad o cuerda unidad. La curvatura de un arco circular se fija por su radio (R) o por su grado (G), en nuestro medio usualmente se usa un arco de 20 metros.

Si se tienen varias alternativas de trazo, se elige aquella que sin elevar los costos de construcción, permite aplicar menores grados de curvatura.

$$G = \frac{1\ 145,9156}{R}$$

- Longitud de curva (LC): esta distancia es la del arco circular entre los puntos extremos PC y PT de la misma curva.

$$LC = \frac{20 \Delta}{G} = \frac{\pi R \Delta}{180}$$

Donde:

LC = longitud de curva en metros

G = ángulo de curvatura en grados, minutos y segundos

R = radio en metros

Δ = ángulo delta en grados, minutos y segundos

- Radio (R): el radio de la curva circular simple es la inversa del grado de curvatura.

$$R = \frac{1\ 145,9156}{G}$$

Sin embargo, uno de los factores de que los costos de operación crezcan son los radios muy pequeños, por lo que ETCCRG recomienda que para los caminos rurales tipo F y montañosos se utilicen 18 metros como radio mínimo.

- Ordenada media (OM): es la distancia desde el punto medio de la curvatura hasta el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R - R \cos(\Delta/2)$$

- Cuerda máxima (CM): es la distancia en línea recta desde el PC al PT.

$$CM = 2R \sin(\Delta/2)$$

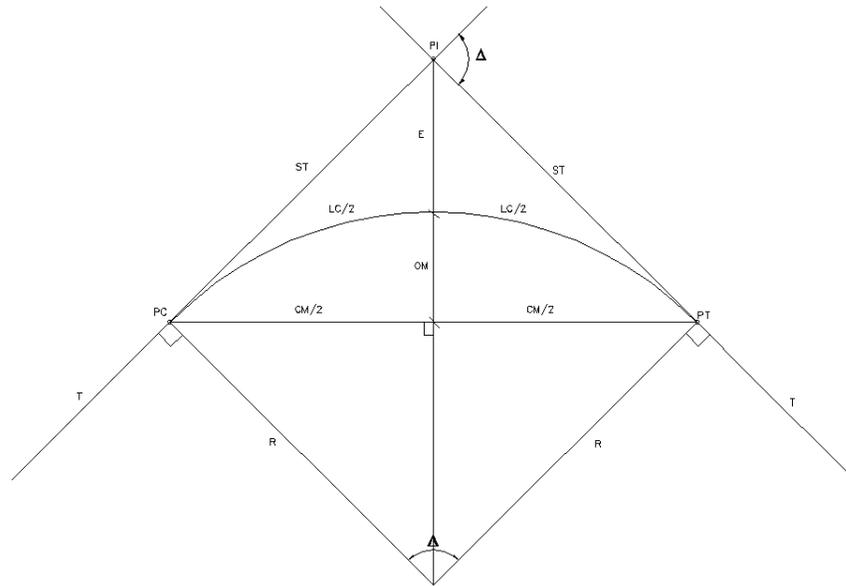
- External (E): es la distancia desde el PI hasta el punto medio de la curvatura.

$$E = \frac{R}{\cos(\Delta/2)} - R$$

- Sub tangente (ST): es la distancia desde PI hasta PC y desde PI hasta PT.

$$ST = R \tan(\Delta/2)$$

Figura 7. Elementos geométricos de una curva circular simple



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

A continuación se ejemplifica el cálculo del diseño geométrico de la primera curva horizontal del proyecto, está nombrada como C 1.

Datos:

$$PC = 0 + 025,86$$

$$PT = 0 + 069,88$$

$$\Delta = 140^\circ 06' 07''$$

$$R = 18 \text{ metros}$$

$$G = \frac{1\ 145,9156}{18} = 63^\circ 39' 43''$$

$$LC = \frac{\pi * 18 * 140^{\circ} 06' 07''}{180} = 44,01 \text{ m}$$

$$OM = 18 - 18 \cos (140^{\circ} 06' 07''/2) = 11,86 \text{ m}$$

$$CM = 2 * 18 \sin (140^{\circ} 06' 07''/2) = 33,84 \text{ m}$$

$$E = \frac{18}{\cos (140^{\circ} 06' 07''/2)} - 18 = 34,76 \text{ m}$$

$$ST = 18 \tan (140^{\circ} 06' 07''/2) = 49,59 \text{ m}$$

2.2.3.1.6. Curvas de transición

Se conoce que en la curvatura de las curvas circulares simples se pasa bruscamente de cero grados en la recta a un valor constante en la curva, los conductores ante esto, sobre todo aquellos que circulan por el carril exterior, por comodidad tienden a cortar la curva, creando trayectorias no circulares e invadiendo el carril del sentido opuesto. Estas curvas sirven para dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recta horizontal a una determinada curva horizontal circular.

Su requerimiento consiste en que su radio de curvatura pueda decrecer gradualmente desde el infinito en la tangente que se conecta con la espiral, hasta el final de la espiral en su enlace con la curva circular, continuando con el desarrollo inverso de la transición hasta el contacto con la tangente.

En los diseños se ha vuelto común intercalar una curva de transición que facilite a los conductores el recorrido seguro y cómodo de la curva de diseño,

manteniendo el vehículo dentro de su carril y sin experimentar la violencia de la fuerza centrífuga que es propia de la circulación por dicha curva.

2.2.3.1.7. Pendiente transversal

Es la pendiente dada a cada carril del alineamiento horizontal, una de sus funciones es evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodadura. También se conoce como bombeo y será eficiente si permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente.

Para ello, es necesario un peralte entre 3 % y 5 % hacia ambos lados del eje tangente para tramos rectos y en un solo sentido en las curvas o la que resulte según las sobreelevación. La sobreelevación es la pendiente de las curvas, empleada como complemento de la fuerza de fricción entre las llantas y la superficie de rodadura para impedir el deslizamiento transversal. Para calcularla se utiliza la siguiente ecuación.

$$es = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

es = tasa de sobreelevación en fracción decimal

V = velocidad de diseño en kilómetros por hora

R = radio de la curva en metros

f = factor de fricción lateral

Se calcula la sobreelevación para las curvas con el radio mínimo, conociendo que $f = 0,17$.

$$es = \frac{20^2}{127 * 18} - 0,17 = 0,00$$

El resultado indica que por tener un radio y velocidad de diseño tan bajos que no se necesita sobreelevación en la curva, al igual que con los otros radios donde el resultado es negativo, indicando que la fricción lateral es suficiente, al ser despreciable la fuerza de fricción por la velocidad tan baja utilizada.

En este proyecto el bombeo de las tangentes es de 3 % y para las curvas se mantendrá el peralte, eliminando la sobreelevación junto con las curvas de transición.

2.2.3.1.8. Sobreancho

Los sobreanchos se diseñan en las curvas horizontales, en su mayoría con radios pequeños con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta, esto es debido a que por la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores en la curva.

Para establecer el sobreancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones según el manual de Sieca:

- En curvas circulares sin transición, el sobreancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- Cuando existen curvas de transición, el sobreancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada.

- El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados.

Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobreebancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{0,10V}{\sqrt{R}}$$

Donde:

S_a = sobreebancho en metros

n = número de carriles de la superficie de rodamiento

L = longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo en metros

R = radio de curvatura en metros

V = velocidad específica distinta a la de equilibrio en kilómetros por hora

En la selección del sobreebancho en curvas se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Sobreebanchos menores de 0,60 metros, no son necesarios en las curvas.
- La longitud L de la fórmula es igual a 8 metros.
- Los sobreebanchos calculados por esta fórmula arrojan valores mayores que los de las tablas de la AASHTO, por lo que deben tomarse como provistos de un margen de seguridad.

Al conocer que en el proyecto se utiliza un solo carril para una dirección, suponiendo que el vehículo viaja a la velocidad de equilibrio y que L en promedio de los vehículos que transitan es de 4,50 m, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_a = R - \sqrt{R^2 - L^2} = 18 - \sqrt{18^2 - 4,50^2} = 0,57 \text{ m}$$

$$S_a = R - \sqrt{R^2 - L^2} = 26 - \sqrt{26^2 - 4,50^2} = 0,39 \text{ m}$$

Con las consideraciones anteriores se descartarán los sobrecanchos por ser menores a 0,60 por ser innecesarios para los menores y mayores radios del diseño. Además, al sumar los hombros a los carriles se tiene en total 8 metros de ancho, que es mayor a lo usual en carreteras rurales, concluyendo que no se necesita un sobrecancho.

2.2.3.2. Alineamiento vertical

También es conocido como diseño geométrico vertical de una carretera, este es la proyección sobre una superficie vertical paralela de su eje real. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta lo siguiente:

- Visibilidad y accidentalidad.
- Composición del tránsito.

- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

El alineamiento vertical está formado por las siguientes características:

2.2.3.2.1. Subrasante

Es el eje del alineamiento vertical y también se le conoce como rasante, por el paralelismo dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. El alineamiento a proyectar estará en directa correlación con la topografía del terreno natural.

Al igual que el diseño en planta, el eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes verticales, que para cambiar de dirección se colocan curvas verticales.

2.2.3.2.2. Tangentes verticales

Estas tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente, están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente vertical es la distancia media entre el fin de la curva anterior o el principio de tangente vertical (PTV), y el principio de la curva vertical (PCV) en la rasante.

2.2.3.2.3. Pendiente

La pendiente de la subrasante es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma. Se identifican las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes.

Según ETCCRG, la pendiente máxima para una carretera de tipo F en terreno plano es 6 %, con una pendiente gobernadora o dominante de 4 %; en terreno ondulado de 8 %, con gobernadora de 5 % y en terreno montañoso de 12 %, con gobernadora de 7 %.

Al utilizar pendientes máximas porque no se encuentra otra solución y sea conveniente desde el punto de vista económico con el fin de salvar ciertos obstáculos de carácter local, debe empedrarse la superficie de rodadura a fin de evitar que los vehículos resbalen, sobre todo cuando la capa se encuentra húmeda y se trate de una zona en general lluviosa. La pendiente mínima para tramos es de 0,50 % para facilitar el drenaje en el sentido longitudinal.

Para este proyecto, por ser una zona lluviosa se colocó tramos empedrados, junto con cunetas revestidas en las pendientes mayores de 8 % para no aumentar el presupuesto.

2.2.3.2.4. Curvas verticales

Existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas, las primeras se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño. La configuración parabólica de estas curvas es la más frecuentemente utilizada.

La longitud mínima de curvas verticales de dos estaciones es de 20 metros. Pero como los caminos rurales son de un solo carril y la curvatura vertical en cresta está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc. La aplicación de normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos,

por lo que se debe tener en cuenta la razonable seguridad con la siguiente ecuación y tabla para longitudes mínimas:

$$LCV = K|PS - PE|$$

Donde:

LCV = longitud de curva vertical en metros

K = factor de curva vertical para LCV mínimo

PS = pendiente de salida de la curva vertical en porcentaje

PE = pendiente de entrada de la curva vertical en porcentaje

Tabla VI. **Valor K de curvas verticales**

Velocidad de diseño (km/hora)	"K" de Cóncava	"K" de Convexa
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12

Fuente: *Caminos Ambientalmente Compatibles*. p. 4.

Los elementos geométricos que caracterizan una curva vertical parabólica son los siguientes:

- Punto de intersección vertical (PIV): donde se interceptan las dos tangentes verticales.
- Constante de longitud mínima (K): es el factor que se utiliza para que la LCV sea segura.

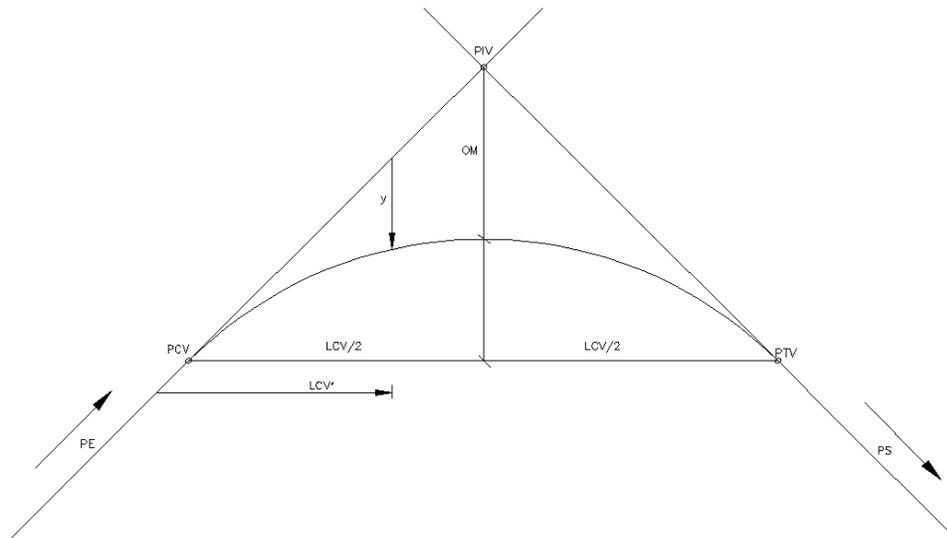
- Longitud de cuerda vertical (LCV): es la distancia medida en proyección horizontal desde el PCV hasta PTV.
- Principio de curva vertical (PCV): es donde empieza la curva.
- Principio de tangente vertical (PTV): es donde termina la curva.
- Longitud de curva vertical prima (LCV'): es la distancia horizontal desde PCV o PTV hasta cualquier punto dentro de LCV sin sobrepasar la mitad de LCV.
- Corrección (y): es la distancia vertical desde cualquier punto en la sub tangente vertical hasta tocar la curva, corrigiendo la elevación a la altura adecuada para la curva.

$$y = \frac{|PS-PE| * LVC^2}{200 * LCV}$$

- Ordenada máxima (OM): es la longitud máxima que pueda tener de corrección en la curva vertical.

$$OM = \frac{|PS-PE| * LCV}{800}$$

Figura 8. **Elementos geométricos de una curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

Para ejemplificar, a continuación se realiza el cálculo de la primera curva vertical realizada en el proyecto:

Datos:

$$PCV = 0 + 037,65$$

$$PTV = 0 + 052,15$$

$$K \text{ de convexa} = 1$$

$$PE = 6,43 \%$$

$$PS = - 8,07 \%$$

$$LCV = 1 * |- 8,07 - 6,43| = 14,50 \text{ m}$$

2.2.4. Movimiento de tierras

Está conformado por las excavaciones de préstamo, desperdicio y terraplenes realizados a lo largo de la carretera para acomodar el trazo de la subrasante diseñada. Según las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, el corte es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.

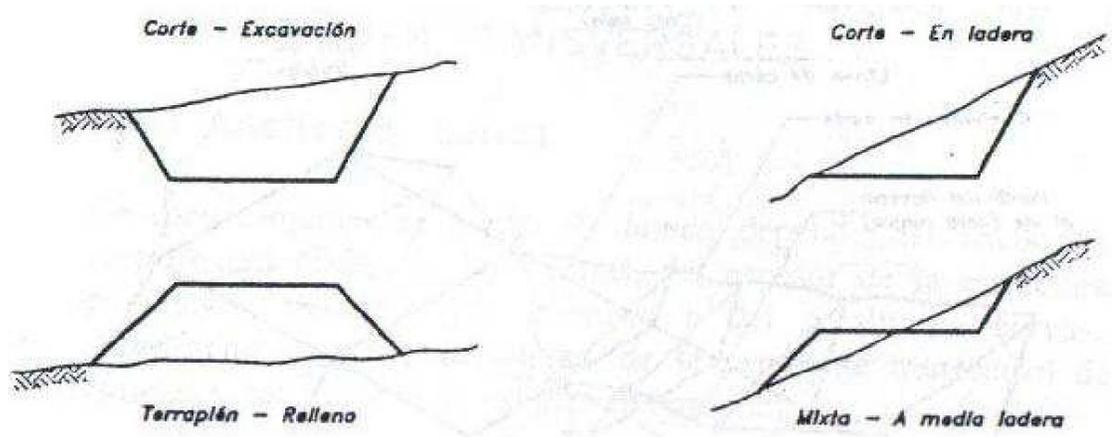
En el movimiento de tierras se debe tomar en cuenta el retiro, cambio, restauración o protección contra cualquier daño apropiado de estructuras, servicios existentes que se encuentren o no en los planos. Y para los obstáculos de material inapropiado en la limpia, chapeo y destronque consisten en la remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos existentes dentro de los límites del derecho de vía que se convierten en material de desperdicio, inutilizable para la construcción de carreteras.

2.2.4.1. Seccionamiento transversal

En los perfiles transversales se definen las secciones con la delimitación del nivel del terreno, las cunetas, del bombeo a lo largo de la terracería a nivel de la subrasante y la pendiente donde se realice corte o relleno, estos límites forman el área de la sección transversal que se observe.

En las secciones se pueden encontrar áreas de corte, relleno o la combinación de ambos como se muestran en la figura 9.

Figura 9. Secciones transversales típicas



Fuente: CARDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 355.

El área de estas secciones se calcula diciendo que es la mitad del valor absoluto del producto de Y por X menos el producto de X por Y, este método se conoce como el de las coordenadas de los vértices.

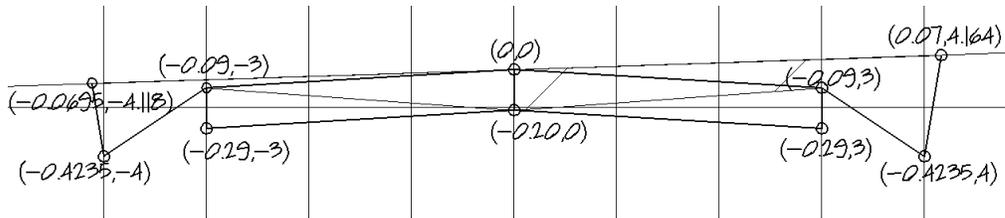
Conociendo el área de las secciones consecutivamente de la carretera, se calcula el promedio de las áreas entre perfiles continuos por la distancia que tengan para encontrar el volumen, este sirve para conocer el movimiento de tierras que se realizará en el proyecto.

2.2.4.2. Cálculo de áreas de las secciones transversales

Las secciones transversales en el proyecto están distanciadas a cada 20 metros que es una distancia común para su cálculo, los valores entre cada estación fue realizada por el programa de Civil 3d y se encuentra una tabla con los valores en los planos del proyecto de carretera.

En forma de ejemplo se presenta a continuación el proceso de cálculo de área, con el método de las coordenadas de los vértices de la estación 0 + 000.

Figura 10. **Sección transversal 0 + 000**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

Se colocan todos los valores de cada punto que representa la sección transversal y se ordenan empezando desde (0,0), siguiendo con la derecha siguiente hasta regresar al inicio.

Tabla VII. **Valores de las coordenadas**

Coordenadas de "Y"	Coordenadas de "X"
0	0
0,07	4,164
-0,4235	4
-0,09	3
-0,29	3
-0,20	0
-0,29	-3
-0,09	-3
-0,4235	-4
-0,0695	-4,118
0	0

Fuente: elaboración propia.

Para calcular el área de la sección como se explicó anteriormente, las multiplicaciones de la coordenada Y por X se deben seguir como indican las flechas punteadas y las de la coordenada X por Y se deben seguir como indican las otras flechas.

$$A = \frac{|\sum YX - \sum XY|}{2}$$

$$\begin{aligned} \sum YX &= 0*4,164 + 0,07*4 - 0,4235*3 - 0,09*3 - 0,29*0 - 0,20*(-3) - 0,29*(-3) - 0,09*(-4) \\ &\quad - 0,4235*(-4,118) - 0,0695*0 = 2,3135 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum XY &= 0*0,07 + 4,164*(-0,4235) + 4*(-0,09) + 3*(-0,29) + 3*(-0,20) + 0*(-0,29) - 3*(-0,09) \\ &\quad - 3*(-0,4235) - 4*(-0,0695) - 4,118*0 = -1,7750 \end{aligned}$$

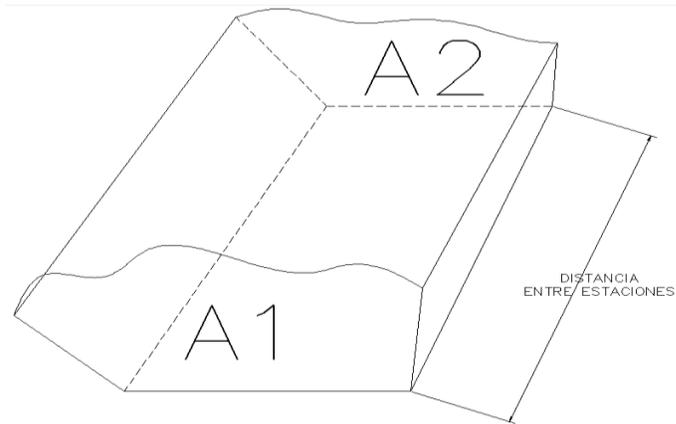
$$A = \frac{|2,3135 - (-1,7750)|}{2} = 2,04 \text{ m}^2$$

Esta área es cercana a la calculada por el programa de Civil 3d que es de 2,02 m², pero el programa tiene la sección transversal exacta y resultada es más preciso y cercana a la realidad.

2.2.4.3. Cálculo de volúmenes

Conociendo que el movimiento de tierras es el transporte del material, ya sea en corte o para relleno que se utilice en la construcción de una carretera, es importante calcular la cantidad en volumen del movimiento de tierras. Para este proyecto el cálculo de volúmenes de toda la carretera fue realizada por el programa de Civil 3d que se muestran en los planos.

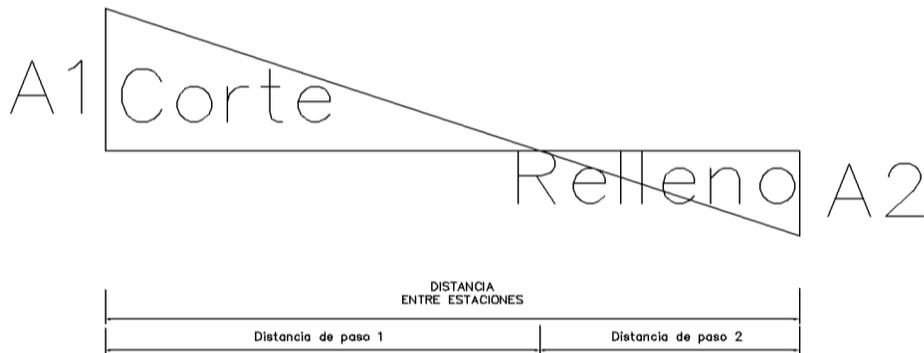
Figura 11. **Ejemplo de volumen entre dos estaciones de corte**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

Cuando en la sección transversal existen áreas de corte y relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno, viceversa. Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones.

Figura 12. **Distancia de paso**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD 2012.

Siguiendo con el ejemplo anterior se presenta el proceso de cálculo de volumen entre las primeras dos estaciones de la carretera, donde ambas áreas son por corte.

Datos:

$$\text{Área } 0 + 000 = A_1 = 2,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Área } 0 + 020 = A_2 = 2,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud} = 20 \text{ metros}$$

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * \text{Longitud}$$

$$V = \frac{2,04 + 2,33}{2} * 20 = 43,70 \text{ m}^3$$

Este volumen es cercano a la calculada con el programa de Civil 3d que es de 43,53 m³ y como se explicó anteriormente el programa tiene mayor exactitud para realizar el cálculo más real.

2.2.4.4. Balance y diagrama de masas

En el diagrama de masas se realiza el estudio de las cantidades de excavación y relleno, su compensación con la línea de balance, préstamo y desperdicios longitudinales, determinación de las distancias de acarreo y sentido de los movimientos.

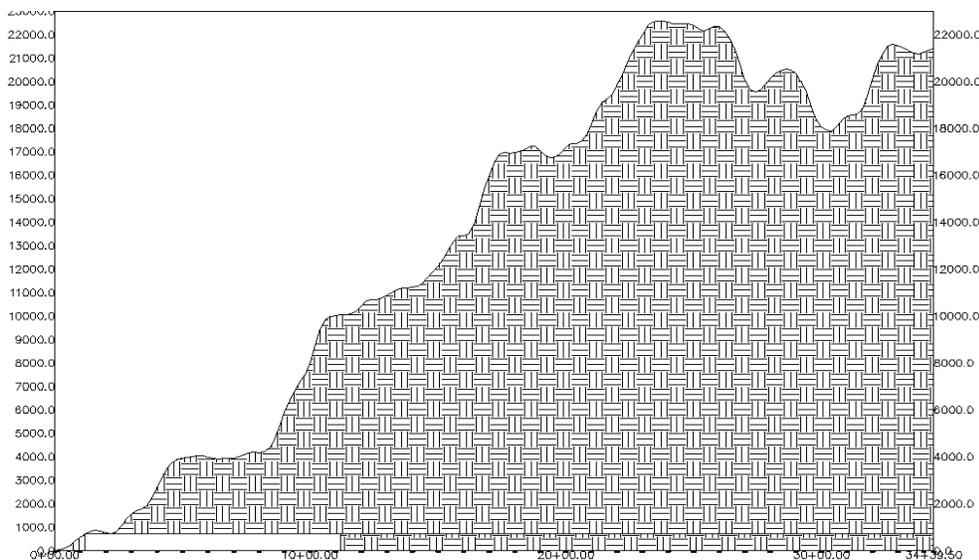
Para diseñar una carretera es importante conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras, esta economía se consigue excavando y

rellenando solamente lo indispensable y acarreando los materiales en la menor distancia posible.

En el diagrama, las curvas de los volúmenes acumulados a lo largo de la subrasante que se encuentren en el lado positivo sobre la línea de balance, se conoce que su pendiente ascendente es de corte y estará balanceado cuando sea descendente y vuelva a tocar la línea de balance y lo que le siga indica que es relleno hasta que también cambie a ascendente y vuelva a tocar la línea de balance para estar en balance.

En este proyecto el volumen de corte sobrepasa en gran cantidad el volumen de relleno, por lo que aunque no sea material inutilizable, se maneja la mayoría del volumen de corte como desperdicio por tener muy poca demanda de terraplenes comparada con excavaciones.

Figura 13. **Balance de masas**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa de AutoCAD Civil 3D 2012.

2.2.5. Drenajes

Para la construcción de carretera, el sistema de drenaje es el aspecto más importante en el diseño y construcción, por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y reparación. Los factores climatológicos y de suelo, son los que determinan su diseño porque influyen en la erosión del sitio.

Los objetivos básicos más importantes para el drenaje de caminos son:

- Pasar con seguridad toda la cantidad de descarga que cruce el camino.
- Remover el agua fuera de la superficie del camino sin hacer daño al camino y su estructura.
- Prevenir impactos negativos al ambiente a los lados del camino.
- Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje natural.
- Disminuir o reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- Remover el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario.

Existen muchos métodos y maneras de lograr el objetivo de drenar el agua de una carretera, los tipos de drenajes incluyen estructuras de drenajes transversales naturales, travesías, drenajes de superficie y subdrenajes, las cuales sirven para dispersar, disminuir la velocidad o transportar el agua, evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua.

El caudal a drenar es el caudal de lluvia y se calcula con el método racional, los datos fueron proporcionados por la municipalidad de Puerto Barrios y se presentan a continuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mililitros por hora

A = área a drenar en hectáreas

Para conocer la intensidad de lluvia se utiliza la ecuación dada por el Ministerio de Comunicación, Infraestructura y Vivienda del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) de la estación de Puerto Barrios, para un periodo de retorno de 25 años que es lo que aproximadamente durará el proyecto. Y para el tiempo de concentración que se utiliza en la ecuación también se obtiene de una ecuación que se da con respecto a la relación de la altura con lo largo del cauce principal de la cuenca.

$$tc = \frac{3 * L^{1,15}}{154 * H^{0,38}}$$

Donde:

tc = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce principal en metros

H = altura de la cuenca en metros

Tabla VIII. **Coefficiente de escorrentía**

Centro de la ciudad	0.70 – 0.95
Fuera del centro de la ciudad	0.50 – 0.70
Parques, cementerios	0.10 – 0.25
Áreas no urbanizadas	0.10 – 0.30
Asfalto	0.70 – 0.95
Concreto	0.80 – 0.95
Adoquín	0.70 – 0.85
Suelo arenoso	0.15 – 0.20
Suelo duro	0.25 – 0.30
Bosques	0.20 – 0.25

Fuente: GUZMÁN GIRÓN, Luis Rodolfo. *Diseño de tramo carretero de terracería que conduce del parcelamiento Santa Amelia hacia el parcelamiento la Isla Machaquilá, y diseño de salón de usos múltiples del caserío Caribe Río Salinas, en el municipio de Sayaxché, departamento de Petén. p.48*

Para este proyecto se utilizará un coeficiente de escorrentía de 0,20 por ser un área no urbanizada y boscosa. Los drenajes se analizan por tramos, es decir, lo que desemboca el drenaje transversal se lo proporcionan las cunetas más elevadas y conectadas a la tubería, por lo que el área que se analiza es del tramo que le ingresa mayor precipitación.

Utilizando la siguiente ecuación de intensidad y conociendo que H = 29 m, L = 220 m aproximadamente, C = 0,20 y A = 0,428 ha, el resultado es el siguiente:

$$t_c = \frac{3 * 220^{1,15}}{154 * 29^{0,38}} = 2,68 \text{ min}$$

$$I = \frac{11\,680}{(tc+30)^{1,063}} = \frac{11\,680}{(2,68+30)^{1,063}} = 286,92 \text{ mm/hr}$$

$$Q = \frac{0,20 * 286,92 * 0,428}{360} = 0,0682 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.5.1. Drenaje longitudinal

Para evacuar rápidamente el agua en una carretera longitudinalmente se colocan en su superficie cunetas en ambos extremos de la carretera, estas se abastecen principalmente con el agua proveniente de la carretera, debido al bombeo con pendiente, que empieza desde el centro la parte más alta hasta sus extremos para distribuir equitativamente el agua en ambas cunetas.

Las cunetas se colocan paralelamente al eje del camino, a lo largo de toda la carretera. La cuneta es una zanja de sección triangular o trapezoidal, en este proyecto se utilizan cunetas triangulares naturales, excepto en penitentes mayores de 8 % donde se construirán cunetas triangulares revestidas (ver detalles en planos).

Para corroborar que las dimensiones de las cunetas son adecuadas para transportar el caudal anterior se utiliza la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

n = rugosidad de manning

A = área hidráulica en metros cuadrados

R = radio hidráulico en metros

S = pendiente en porcentaje

El coeficiente de Manning depende del material donde pasa el agua, en las cunetas naturales se utilizara $n= 0,03$. Para conocer el punto más crítico de las cunetas se utilizan las pendientes más pequeñas y por tener una sección triangular con cortes desiguales, se realiza un promedio de $z= 1,625$ para ambas cunetas.

$$A=1,625* 0,40^2= 0,26 \text{ m}^2$$

$$R= \frac{1,625*0,40}{2\sqrt{1+1,625^2}}=0,17 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{0,03} * 0,26 * 0,17^{2/3} * 0,05^{1/2} = 0,5947 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como se puede observar, las cunetas en sus tramos más críticos pueden transportar mayor caudal que el caudal de lluvia de $0,0682 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que indica que son eficientes.

2.2.5.2. Drenaje transversal

Estos drenajes son utilizados generalmente para descargar o evacuar el agua superficial de las cunetas o de cuerpos de agua que pasen perpendicular al eje de la carretera, existen varias estructuras de drenaje y alcantarillas apropiadas como alcantarillas de caja, arcos de bóvedas, tubos redondos u ovalados y otros.

Las utilizadas para este proyecto son las alcantarillas de 30 pulgadas de diámetro de metal corrugado y su clase es de planchas estructurales de acero galvanizado cumpliendo con AASHTO M 167M, estos son conductos que se construyen por debajo de la subrasante.

Deben de ser instaladas con sus entradas y salidas a un nivel apropiado, normalmente al nivel de la superficie de la tierra o del cauce, con sus salidas protegidas de la fuerza del agua que sale del tubo. Algunos de los factores más significativos en la instalación y el uso de alcantarillas son las siguientes:

- Usar el tipo de alcantarilla apropiada para el sitio, con la capacidad necesaria y de menos costo.
- Usar disipadores de energía como una cama de revestimiento a la salida de la tubería y dientes para prevenir socavación.
- Mantener un desnivel mínimo de 2 % para la tubería, o con una pendiente consistente con el patrón natural de drenaje.
- Colocar la tubería sobre material bien compactado, el material de relleno debe compactarse por estratos durante su instalación. Es muy importante colocar una subrasante uniforme y bien compactada debajo de la tubería o el uso de una cama de relleno selecto en las áreas con suelos sueltos.

Para conocer si el diámetro propuesto es el correcto, se utiliza la ecuación de Manning con el diámetro despejado y $n = 0,017$ para material de hg.

$$D = \left(\frac{Q \cdot 4^{5/3} \cdot n}{S^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{0,0682 \cdot 4^{5/3} \cdot 0,017}{0,03^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,2369 \text{ m} \approx 10''$$

El diámetro necesario para desfogar el caudal de lluvia es de 10 pulgadas y el diámetro del drenaje transversal propuesto es de 30 pulgadas, lo que indica que si tiene la capacidad apropiada para drenar rápidamente el agua y no existan inundaciones o daños en la carretera.

2.2.6. Presupuesto

El presupuesto que se realizó para estimar el costo de la elaboración del proyecto de ampliación y mejoramiento del tramo carretero que conduce desde la aldea Quebrada Seca hasta la aldea El Mirador de Santo Tomas de Castilla, se explica a continuación.

2.2.6.1. Integración de precios unitarios

Para la realización del costo total del presupuesto, en cada renglón de trabajo se realizan un desglose de sus materiales, herramientas, maquinaria y mano de obra en donde al finalizar su total se divide en la cantidad de su unidad para obtener el precio unitario de ese renglón (ver apéndice).

2.2.6.2. Resumen del presupuesto

Se presenta en la siguiente tabla el resumen del presupuesto con cada renglón, junto con el precio unitario final correspondiente, del proyecto.

Tabla IX. Presupuesto

No.	Descripción De Los Trabajos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Trabajos Preliminares				
1.01	Topografía Y Replanteo Topográfico Durante La Ejecución	Km.	3,44	Q 13 928,08	Q 47 912,59
1.02	Limpia, Chapeo Y Destronque	Ha	2,75	Q 694,51	Q 1 911,00
2	Movimiento De Tierras				
2.01	Excavación De Material No Clasificado	M3	7 982	Q 45,89	Q 366 257,50
2.02	Acarreo De Material De Desperdicio	M3/Km	21 385	Q 5,76	Q 123 217,50
3	Subrasante				
3.01	Reacondicionamiento De Subrasante	M2	20 637	Q 23,55	Q 486 080,00
4	Carpeta De Rodadura				
4.01	Tendido De Balasto	M3	4 127	Q 214,62	Q 885 720,50
4.02	Tramos Empedrados	M2	2 717	Q 215,48	Q 585 471,44
5	Trabajos Complementarios				
5.01	Cunetas Revestidas	ML	3 207	Q 246,48	Q 790 463,80

Continuación tabla IX.

No.	Descripción De Los Trabajos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.02	Excavación Estructural Para Drenaje Transversal	M3	352	Q 35,29	Q 12 421,50
5.03	Cajas Y Cabezales	M3	995	Q 681,49	Q 678 083,00
5.04	Tubería De Plancha Estructural De 30" De Diámetro Hg	MI	312	Q 1 642,43	Q 512 438,50
Total					Q 4 489 977,33

Fuente: elaboración propia.

El costo total del presupuesto para este proyecto es de cuatro millones cuatrocientos ochenta y nueve mil novecientos setenta y siete Quetzales con treinta y tres centavos.

2.2.7. Cronograma de ejecución física y financiera

La siguiente tabla muestra el cronograma de ejecución física y financiera del presupuesto anterior para este proyecto.

Tabla X. Cronograma del proyecto

NO.	REVENCIÓN	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO FINANCIERO																													
		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				CORTO PERÍODO	%								
		TIEMPO DE EJECUCIÓN CONTRACTUAL (SEMANAS CALENDARIO)				SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4													
1	TRABAJOS PRELIMINARES TOPOGRAFÍA Y RELEVANTE TOPOGRAFICO DE LA TALA LIMPIA CARBON 1.01 EJECUCION	0.13				0.13				0.13				0.13				0.13				0.13				0.13			Q	47,242.53	1.07
1.02	DESTRONQUE	0.01				0.01				0.01				0.01				0.01				0.01				0.01			Q	1,310.00	0.04
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS EXCAVACION DE MATERIAL NO	0.52				0.52				0.52				0.52				0.52				0.52				0.52			Q	395,615.00	8.82
2.01	CLASIFICACION DE ESPRUCHO	0.72				0.72				0.72				0.72				0.72				0.72				0.72			Q	161,717.50	3.60
3	SUBGRANITE																														
3.01	SUBGRANITE																														
4	CARPETA DE FODRADURA																														
4.01	TIEMPO DE BALASTO																														
4.02	TRAMOS EMPEDRAOS																														
5	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS																														
5.01	CUNETAS REVESTIDAS																														
5.01	CUNETAS REVESTIDAS																														
5.02	EXCAVACION ESTRUCTURAL PARA LA REJAL TRANSVERSAL	0.09				0.09				0.09				0.09				0.09				0.09				0.09			Q	12,421.50	0.28
5.03	CANAL Y CABEZALES	3.02				3.02				3.02				3.02				3.02				3.02				3.02			Q	678,083.00	15.10
5.04	TUBERIA DE PAJUCHA ESTRUCTURAL DE 30" DE DIAMETRO HG	2.28				2.28				2.28				2.28				2.28				2.28				2.28			Q	510,438.50	11.41
TOTAL		852,186.65				530,292.96				765,461.89				530,292.96				530,292.96				530,292.96				530,292.96			Q	4,489,977.33	101.52
PORCENTAJE DE AVANCE		15.41				11.81				15.33				11.81				11.81				11.81				11.81					

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Evaluación de impacto ambiental

Como lo indica la DGC, se debe contar con la aprobación del estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que contenga las medidas de

mitigación, para todas aquellas actividades que por sus características, puedan causar deterioro del ambiente y a los recursos naturales y culturales, antes de la ejecución de una obra.

Las ETCCRG contienen en su sección XI, especificaciones técnicas ambientales generales en la construcción de caminos rurales, a continuación se mencionan brevemente algunas de ellas.

- Protección de la vegetación.

El contratista protegerá toda la vegetación (árboles, arbustos, grama) y las áreas adyacentes al mismo, que no necesitan ser removidas o que no interfieran razonablemente con la ejecución de la obra, en el sitio de trabajo.

- Protección de la fauna al prohibir la caza y extracción de animales.
- Ruido.

En áreas donde halla viviendas no se podrán ejecutar trabajos que generen ruidos mayores de 80 dBA, entre las ocho de la noche y seis de la mañana.

- Productos y desechos de petróleo.

Se prohíbe el vertimiento de aceites, combustibles u otros productos de petróleo y químicos en el suelo, agua subterránea y superficial.

- Banco de materiales.

Los bancos de materiales de cortes de montaña, deberán protegerse por canaletas y trampas de sedimentación para disminuir los impactos de este sobre los ríos. Después del abandono, deberán deshacerse las estructuras levantadas en los ríos.

- Es prohibido enterrar suelos contaminados.

- Protección de objetos arqueológicos.

El contratista no deberá iniciar ninguna actividad sin que la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural del Instituto de Antropología e Historia, Ministerio de Cultura y Deportes haya efectuado el recorrido sistemático del área de trabajo y acción.

- Limpieza general.

Durante la construcción de las obras, el contratista tiene la obligación de mantener en todo momento las áreas de trabajo y de almacenamiento, libres de acumulación de basuras, materiales de desperdicio producto de los trabajos.

- Prevención de accidentes, protección contra incendios y uso de explosivos.

La localización de todos los polvorines o áreas de almacenamiento de gases y líquidos explosivos, estará sujeta a la aprobación del supervisor de obra. Estas áreas de almacenamiento de explosivos, deberán estar adecuadamente vigiladas en todo tiempo. Deberán existir facilidades de

almacenamiento de gas u otros tipos de combustibles o productos químicos y/o de agua necesarios para prevenir o controlar incendios.

El contratista designará un miembro responsable de su personal, destacándolo en el sitio de la obra, cuya obligación será la prevención de accidentes.

Para efectuar los estudios de evaluación de impacto ambiental y su diagnóstico, el MARN indica que se necesita seguir los siguientes pasos:

- Contratación de un consultor ambiental registrado en el MARN
- Todos los documentos legales de la empresa y/o representante legal
- Original del informe técnico según la guía de términos de referencia proporcionados por el MARN.
- Constancia de publicación en un diario de mayor circulación (no Diario de Centroamérica) en el tamaño de 2 por 4 pulgadas.

Con motivo de dar a conocer y que entiendan todos los interesados de la región, se indica que si en la región se utilizan idiomas mayas, la publicación también debe presentarse en esos idiomas; según artículo 33 del reglamento 23-2003 (la información multilingüe puede ser obtenida en el INE).

CONCLUSIONES

1. La infraestructura y servicios básicos son necesarios para evitar enfermedades, mejorar el comercio y forma de vida para las comunidades; y por falta de profesionales, dinero o ayuda, no pueden gestionar estos proyectos de gran importancia para el crecimiento de la población de nuestro país. Pero con la labor del Ejercicio Profesional Supervisado de la Universidad de San Carlos se opta por una solución para mejorar la vida de las comunidades.
2. Para algunos de los habitantes de Puerto Barrios, Izabal, existe la problemática de no contar con el servicio de agua potable de parte de la municipalidad, como a los barrios El Rastro y El Estrecho, afectando su salud, por lo que el proyecto de diseño de sistema de agua potable contribuirá a brindar una mejor calidad de vida.
3. El proyecto de agua potable no generará ganancias, logrando que no sea rentable, pero al entender que la ayuda a la población es mucho más importante para crear grandes beneficios para la comunidad, y así, lograr crecimiento y superación, se justifica el proyecto y su presupuesto ante tal problemática.
4. La ampliación y mejoramiento de diseño geométrico del tramo carretero desde la aldea Quebrada Seca hasta El Mirador, tiene 3 439,50 metros de longitud y por ser el acceso principal entre las aldeas, se crea una mejor comunicación, proporcionando crecimiento comercial, social y eficiencia para traslados médicos de emergencia.

RECOMENDACIONES

1. Concientizar a la población de racionalizar y cuidar el agua, ya que, cada vez es más difícil encontrar fuentes de agua limpias y realizar tratamientos al agua es muy costoso, imposibilitando a las municipalidades el abastecimiento a más pobladores.
2. Realizar el mantenimiento adecuado cada mes como mínimo en todos los sistemas y elementos del proyecto de agua potable, para que su vida útil sea la estimada o mayor.
3. Realizar el mantenimiento adecuado a la carretera, principalmente en la época de invierno, cuando las precipitaciones son mayores y puedan inundarse el camino si no se encuentran las cunetas y drenajes transversales limpias de ramas y basura.
4. En los proyectos se debe buscar el apoyo e interés de las comunidades beneficiadas con charlas y talleres, para que se involucren y entiendan que hay que proteger, cuidar y educar a las otras generaciones que los cambios que traen los proyectos son para mejorar la calidad de vida y, por ende, crecer como comunidad.
5. Antes de efectuar la contratación de servicios profesionales se debe actualizar los precios unitarios de los renglones, porque varían debido a inflación de los precios de materiales y factores económicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
2. CARDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. Colombia: ECOE Ediciones. 2002. 405 p.
3. Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala: Coguanor NGO 29001, 2000. 14 p.
4. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: 2000. 727 p.
5. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos Rurales en Guatemala, Caminos Ambientalmente Compatibles*. Guatemala: 2002. 89 p.
6. Instituto Americano del Concreto. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario*. Estados Unidos: ACI, 2008. 518 p.

7. Instituto de Fomento Municipal, Infom, Unepar. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: Infom-Unepar, 2011. 63 p.
8. M. DAS, Braja. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. Estados Unidos: Thomson, 2006. 743 p.
9. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. 2da. ed. Guatemala: Sieca, 2004. 322 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Distribución de caudales para cada nodo

ESTACIÓN	TRAMOS	PREDIOS	Q por dotación	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES	
				ΣQ de entrada	ΣQ de salida
E-45	T	1	5	0.08	12.96
E-46	T	2	6	0.10	0.84
E-47	T	3	8	0.13	1.21
E-48	T	4	8	0.60	1.08
E-70	T	6	4	0.07	12.38
E-69	T	7	8	0.13	5.00
E-58	T	8	19	0.32	1.00
E-57	T	9	9	0.15	0.62
E-68	T	10	11	0.18	4.37
E-59	T	11	14	0.23	1.82
E-56	T	12	15	0.25	1.09
E-49	T	13	31	0.52	0.76
E-71	T	14	7	0.12	7.31
E-72	T	15	11	0.18	2.00
E-67	T	16	17	0.28	5.01
E-60	T	17	11	0.18	2.00
E-80	T	18	5	0.08	5.19
E-73	T	19	13	0.22	1.40
E-66	T	20	24	0.40	2.73
E-61	T	21	25	0.42	1.66
E-55	T	22	34	0.57	1.52
E-50	T	23	39	0.65	0.79
E-79	T	24	4	0.07	4.61
E-81	T	25	4	0.07	4.04
E-78	T	26	13	0.22	1.50

Continuación apéndice 1.

ESTACIÓN	TRAMOS	PREDIOS	Q por dotación	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES		
				ΣQ de entrada	ΣQ de salida	
E-74	T	27	20	0.33	1.58	1.58
E-65	T	28	20	0.33	1.53	1.53
E-62	T	29	30	0.50	1.66	1.66
E-54	T	30	22	0.37	0.80	0.80
E-51	T	31	17	0.28	0.39	0.39
E-82	T	32	5	0.08	3.47	3.47
E-83	T	33	18	0.30	2.39	2.39
E-84	T	34	20	0.33	3.09	3.09
E-77	T	35	20	0.33	3.04	3.04
E-75	T	36	19	0.32	2.88	2.88
E-64	T	37	39	0.65	2.96	2.96
E-63	T	38	39	0.65	2.31	2.31
E-53	T	39	23	0.38	0.58	0.58
E-52	T	40	18	0.30	0.31	0.30
E-85	T	41	29	0.48	1.00	1.00
E-86	T	42	36	0.60	2.23	2.23
E-76	T	43	30	0.50	1.63	1.63

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cálculo de presiones de circuito cerrado

CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	Φ final (in)	CAUDAL (L/s)	PERDIDAS	PERD/CAUD	Δ	CORRECCION	QS	Hf	Hf/QS	Δ	CORRECCION	Q	Hf Final	COTA PIEZOMETRI	PRESIONES
I	T-1, T-2	117.14	1.6947	2	0.5	0.18	0.37		0.2	0.76	0.89	1.17		-0.04	0.72	0.81	114.35	12
	T-2, T-8	56.32	2.8613	2.5	-0.34	-0.01	0.04		0.18	-0.09	0.00	0.02		-0.06	-0.14	0.00	110.54	10.96
	T-8, T-7	115.48	1.8119	2	-0.5	-0.18	0.36		0.14	-0.66	-0.48	0.74		-0.17	-0.82	-0.73	111.17	11.62
	T-7, T-6	10.28	3.3342	3	-5	-0.16	0.03		0.88	-4.76	-0.09	0.02		-0.15	-4.92	-0.09	111.08	11.58
	T-6, T-1	48.77	5.6487	6	-12.38	-0.14	0.01		0.2	-12.12	-0.18	0.01		-0.04	-12.16	-0.18	110.35	10.75
	T-2, T-8	56.32	2.8613	2.5	0.34	0.01	0.06	0.81	0.20	0.09	0.00	0.02	0.14	0.59	0.06	0.00	110.34	10.76
	T-2, T-3	115.49	2.5471	2.5	0.74	0.13	0.18		0.02	0.75	0.12	0.16		0.02	0.77	0.12	110.22	10.76
	T-3, T-9	52.27	2.1769	2	-0.47	-0.07	0.15		0.21	-0.46	-0.05	0.10		0.03	-0.43	-0.04	110.25	10.74
	T-9, T-8	116.93	2.0112	2	-0.34	-0.09	0.26		0.09	-0.35	-0.09	0.26		-0.02	-0.37	-0.10	110.21	10.75
	T-8, T-7	115.48	1.8119	2	0.5	0.18	0.36	0.65	0.02	-0.14	0.66	0.48	0.74	0.17	0.82	0.73	110.35	10.75
	T-8, T-11	57.74	2.5302	2.5	-0.5	-0.03	0.06		0.13	-0.10	0.00	0.01		0.09	-0.01	0.00	111.00	11.20
	T-11, T-10	114.54	2.0951	2	-0.5	-0.18	0.36		-0.74	-1.13	-0.74	0.66		0.21	-0.92	-0.51	110.49	10.86
	T-10, T-7	58.1	4.5352	5	-4.37	-0.06	0.01		0.74	-3.98	-0.08	0.02		0.01	-3.96	-0.08	110.49	10.89
	T-8, T-11	57.74	2.5302	2.5	0.5	0.03	0.06	0.79	0.06	-0.09	0.34	1.43	0.1278	-0.09	0.01	0.00	110.49	10.89
	T-8, T-9	116.93	2.0112	2	0.34	0.09	0.26		-0.13	0.30	0.00	0.01		0.02	0.37	0.10	110.25	10.74
	T-9, T-12	63.45	1.5491	2	-0.28	-0.03	0.11		0.12	-0.26	-0.10	0.40		0.06	-0.21	-0.07	110.46	10.80
	T-12, T-11	117.18	3.9521	4	-1.09	-0.03	0.03	0.06	-0.07	-0.06	-1.34	-0.04	0.03	0.04	-1.30	-0.04	110.39	10.88
	T-11, T-10	114.54	2.0951	2	0.5	0.18	0.36		0.74	1.13	0.74	0.66		-0.21	0.92	0.51	110.49	10.86
	T-11, T-17	58.86	4.0108	4	-1.32	-0.02	0.02		0.81	-0.54	0.00	0.01		-0.08	-0.62	0.00	110.41	10.61
	T-17, T-16	115.27	3.5605	4	-2	-0.08	0.04		0.47	-1.49	-0.08	0.05		-0.17	-1.65	-0.10	110.31	10.66
	T-16, T-10	54.9	2.6051	2.5	-3.69	-1.17	0.32		1.48	-2.66	-0.52	0.20		-0.19	-2.86	-0.59	110.32	10.69
	T-17, T-16	115.27	3.5605	4	2	0.08	0.04	0.73	0.80	-1.09	0.73	0.80	0.14	0.17	1.65	0.10	110.31	10.66
	T-17, T-21	57.29	2.3797	2.5	0.5	0.03	0.06		-0.47	1.49	0.08	0.05		0.09	0.86	0.10	110.21	10.66
	T-21, T-20	116.23	1.8310	2	-0.4	-0.12	0.30		0.34	0.77	0.09	0.11		0.04	-0.34	-0.13	110.30	10.30
	T-20, T-16	59.7	3.2974	3	-2.73	-0.30	0.11		0.73	-2.01	-0.11	0.05		0.02	-1.99	-0.11	110.17	10.62
	T-20, T-16	59.7	3.2974	3	2.73	0.30	0.11	0.51	0.33	-0.31	-0.11	0.66	0.09	-0.02	1.99	0.11	110.30	10.30
	T-20, T-19	115.08	2.4103	2.5	0.4	0.04	0.10		-0.51	-0.22	-0.02	0.07		0.03	-0.19	-0.01	110.32	10.57
	T-19, T-15	63.72	1.8493	2	-0.5	-0.10	0.20		0.28	-0.64	-0.23	0.36		0.04	-0.60	-0.20	110.29	10.54
	T-16, T-15	116.42	3.3088	3	1.32	0.15	0.11		0.28	1.11	0.07	0.06		-0.04	1.07	0.06	110.43	10.63
	T-16, T-15	116.42	3.3088	3	-1.32	-0.15	0.11	0.39	0.52	-1.48	2.66	0.52	0.20	0.04	-1.07	-0.06	110.08	11.58
	T-15, T-14	13.74	2.4911	2.5	-2	-0.09	0.05	0.73	0.58	-0.28	-1.11	-0.07	0.06	0.09	-1.85	-0.08	111.00	11.20
	T-14, T-6	157.67	4.5806	5	-7.31	-0.41	0.06		-0.68	-1.94	-0.09	0.05		0.11	-7.17	-0.60	110.41	10.61
	T-7, T-6	10.28	3.3342	3	5	0.16	0.03		-0.68	-7.29	-0.62	0.08		0.15	4.92	0.09	110.57	10.35
	T-10, T-7	58.1	4.5352	5	4.37	0.06	0.01		-0.74	3.98	0.08	0.02		-0.01	3.96	0.08	110.49	10.59
	T-16, T-10	54.9	2.6051	2.5	3.69	1.17	0.32		-1.48	2.66	0.52	0.20		0.19	2.86	0.59	110.43	10.63
	T-21, T-20	116.23	1.8310	2	0.4	0.12	0.30	0.73	0.58	0.73	0.38	0.17	0.44	-0.04	0.34	0.13	110.17	10.62
	T-21, T-29	117.03	3.2410	3	-0.76	-0.05	0.08		0.1	-0.22	0.00	0.02		0.02	-0.20	0.00	110.08	10.53
	T-29, T-28	115.7	2.4130	2.5	-0.4	-0.04	0.10		-0.12	-0.71	-0.14	0.19		-0.01	-0.71	-0.14	110.22	10.52
	T-28, T-20	118.59	3.5152	4	-1.53	-0.05	0.03	0.08	0.51	-1.46	-0.09	0.06	0.04	0.00	-1.45	-0.09	110.08	10.43
	T-28, T-20	118.59	3.5152	4	1.53	0.05	0.03		0.08	1.46	0.09	0.06		-0.03	1.45	0.09	110.22	10.52
	T-28, T-27	115.92	1.9219	2	0.4	0.12	0.10		-0.63	-0.32	-0.10	0.30		0.00	-0.36	-0.12	110.10	10.55
	T-27, T-19	113.37	3.1520	3	-1.18	-0.12	0.10		0.2	-0.76	-0.04	0.05		-0.04	-0.79	-0.05	110.24	10.69
	T-20, T-19	115.08	2.4103	2.5	-0.4	-0.04	0.10		0.51	0.22	0.02	0.07		-0.03	0.19	0.01	110.29	10.54
						0.01	0.33	-0.02			-0.04	0.49	0.04					

Continuación apéndice 2.

CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	φ final (in)	CAUDAL (L/s)	PERDIDAS	PERD/CAUD	Δ	CORRECCION	QS	Hf	Hf/QS	Δ	CORRECCION Q	Q Final	Hf Final	COTA PIEZOMETR	PRESIONES
	T-27, T-19	113.37	3.1520	3	1.18	0.12	0.10		-0.2	0.76	0.04	0.04		0.04	0.79	0.05	110.15	10.40
	T-27, T-26	115.12	2.4489	2.5	0.5	-0.06	0.12		-0.27	-0.42	-0.05	0.12		0.07	-0.35	-0.04	110.46	10.24
XI	T-26, T-24	80.69	1.6820	2	-0.5	-0.13	0.26		-0.19	-0.63	-0.44	0.71		0.08	-0.54	-0.34	110.24	10.69
	T-24, T-18	90.33	5.1883	5	-4.61	-0.06	0.01		-0.09	-4.59	-0.05	0.01		0.08	-4.52	-0.04	110.07	10.45
	T-19, T-18	82.41	1.7545	2	0.5	0.13	0.26		-0.09	0.56	0.30	0.53		0.05	0.60	0.35	110.11	10.49
	T-19, T-18	82.41	1.7545	2	-0.5	-0.13	0.26		0.09	-0.56	-0.30	0.53		-0.05	-0.60	-0.35	110.49	10.59
	T-18, T-14	111.78	5.8120	6	-5.19	-0.06	0.01		0	-5.23	-0.07	0.01		0.03	-0.70	-0.07	110.29	10.54
XII	T-14, T-15	13.74	2.4911	2.5	2	0.09	0.05		0.68	1.94	0.09	0.05		-0.09	1.85	0.08	110.50	10.20
	T-19, T-15	63.72	1.8493	2	0.5	0.10	0.20		0.4	0.64	0.23	0.36		-0.04	0.60	0.20	110.15	10.40
	T-26, T-24	80.69	1.6820	2	0.5	0.13	0.26		0.00	0.52	0.30	0.95		0.03	0.54	0.34	110.34	10.25
XIII	T-26, T-25	85.44	1.7677	2	-0.5	-0.13	0.26		0.07	-0.57	-0.31	0.55		-0.08	-0.63	-0.37	109.97	10.35
	T-25, T-24	113.92	4.7922	5	-4.04	-0.10	0.02		0.1	-3.90	-0.11	0.03		-0.01	-3.91	-0.11	110.11	10.49
	T-21, T-29	117.03	3.2410	3	0.76	0.05	0.08		-0.11	0.22	0.00	0.02		-0.02	0.20	0.00	110.08	10.53
XIV	T-21, T-22	116.15	3.5898	4	1.24	0.03	0.02		-0.06	0.95	0.03	0.04		0.03	0.97	0.04	110.17	10.56
	T-22, T-30	116.31	1.9233	2	0.4	0.12	0.30		-0.04	0.38	0.13	0.35		0.02	0.41	0.15	110.02	10.56
	T-30, T-29	116.08	1.8305	2	-0.4	-0.12	0.30		-0.03	-0.43	-0.21	0.49		0.03	-0.40	-0.18	109.89	10.43
	T-21, T-22	116.15	3.5898	4	-1.24	-0.03	0.02		0.09	-0.95	-0.03	0.04		-0.02	-0.97	-0.04	110.17	10.56
	T-17, T-21	57.29	2.3797	2.5	-0.5	-0.03	0.06		-0.34	-0.77	-0.09	0.11		-0.09	-0.86	-0.10	110.21	10.66
XV	T-11, T-17	58.86	4.0108	4	1.32	0.02	0.02		-0.81	0.54	0.00	0.01		0.08	0.62	0.00	110.31	10.68
	T-12, T-11	117.18	3.9521	4	1.09	0.03	0.03		0.06	1.34	0.04	0.03		-0.04	1.30	0.04	110.27	10.61
	T-12, T-22	113.4	2.5343	2.5	0.28	0.02	0.07		-0.09	0.58	0.07	0.13		-0.04	0.54	0.06	110.20	10.59
	T-12, T-22	113.4	2.5343	2.5	-0.28	-0.02	0.07		0.09	-0.58	-0.07	0.13		0.04	-0.54	-0.06	110.39	10.78
XVI	T-12, T-13	114.23	1.3705	2	0.28	0.06	0.21		0.27	0.25	0.30	1.23		0.06	0.30	0.45	110.01	10.77
	T-13, T-23	115.17	1.7161	2	0.24	0.05	0.21		0.08	0.20	0.07	0.35		0.04	0.25	0.10	109.90	10.76
	T-23, T-22	114.13	1.7081	2	-0.55	-0.21	0.88		0.11	-0.58	-0.51	0.87		0.05	-0.53	-0.43	109.74	10.60
	T-23, T-22	114.13	1.7081	2	0.55	0.21	0.38		-0.11	0.58	0.51	0.87		-0.05	0.53	0.43	109.74	10.60
XVII	T-23, T-31	113.51	1.2048	2	0.14	0.02	0.14		-0.03	0.14	0.19	1.37		-0.01	0.13	0.16	109.74	10.80
	T-31, T-30	114.48	1.2367	2	-0.25	-0.05	0.20		-0.04	-0.24	-0.48	2.00		-0.02	-0.26	-0.56	109.45	10.51
	T-30, T-22	116.31	1.9233	2	-0.4	-0.12	0.30		0.04	-0.38	-0.13	0.35		-0.03	-0.41	-0.15	110.02	10.56
	T-12, T-13	114.23	1.3705	2	-0.28	-0.06	0.21		0.06	0.08	0.08	4.59		-0.01	-0.30	-0.45	110.01	10.77
	T-9, T-12	63.45	1.5491	2	0.28	0.03	0.11		-0.12	0.26	0.10	0.40		-0.06	0.21	0.07	110.39	10.88
XVIII	T-3, T-9	52.27	2.1769	2	0.47	0.07	0.15		-0.21	0.46	0.05	0.10		-0.03	0.43	0.04	110.21	10.75
	T-3, T-4	114.99	2.9959	3	1.08	0.10	0.09		-0.19	1.08	0.10	0.10		-0.01	1.06	0.10	110.10	10.75
	T-4, T-13	114.18	2.1913	2	0.48	0.17	0.35		-0.19	0.48	0.10	0.22		-0.01	0.46	0.10	110.01	10.77
	T-26, T-25	85.44	1.7677	2	0.5	0.13	0.26		0.07	0.57	0.31	0.55		0.05	0.63	0.37	109.97	10.35
	T-26, T-35	114.91	3.2611	3	1.28	0.14	0.11		-0.15	0.56	0.02	0.04		0.04	0.59	0.02	110.04	10.32
XIX	T-35, T-34	114.28	4.0924	4	-1.76	-0.06	0.03		-0.05	-1.90	-0.06	0.03		0.04	-1.87	-0.06	110.28	10.27
	T-34, T-32	80.17	2.2956	2.5	-1	-0.15	0.15		-0.36	-1.10	-0.28	0.25		0.06	-1.05	-0.25	110.03	10.37
	T-32, T-25	47.84	4.1760	4	-3.47	-0.09	0.03		0.03	-3.25	-0.07	0.02		0.05	-3.21	-0.06	109.97	10.25
	T-34, T-32	80.17	2.2956	2.5	1	0.15	0.15		0.36	1.10	0.28	0.25		-0.06	1.05	0.25	110.03	10.37
XX	T-34, T-33	89.47	3.1165	3	-2.09	-0.27	0.13		0.39	-1.77	-0.17	0.09		-0.01	-1.78	-0.17	110.18	10.09
	T-33, T-32	115.3	3.8676	4	-2.39	-0.11	0.05		0.39	-2.07	-0.10	0.05		-0.01	-2.08	-0.10	110.01	10.35
						-0.23	0.33		0.39	0.01	0.39	0.01		-0.01	-0.01	-0.10	110.01	10.35

Continuación apéndice 2.

CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	φ final (in)	CAUDAL (L/s)	PERDIDAS	PERD/CAUD	Δ	CORRECCION	Q5 Hf	Hf/Q5	Δ	CORRECCION	Q Final	Hf Final	COTA PIEZOMETR	PRESIONES	
	T-26, T-35	114.91	3.2611	3	-1.28	-0.14	0.11		0.15	-0.56	-0.02	0.04		-0.04	-0.59	-0.02	110.04	10.32
XXI	T-26, T-27	115.1	2.4489	2.5	-0.5	-0.06	0.12		0.27	0.42	0.05	0.12		-0.07	0.35	0.04	110.07	10.45
	T-27, T-36	117.28	2.6675	2.5	0.75	0.13	0.17		-0.56	0.52	0.05	0.09		-0.06	0.46	0.04	110.06	10.41
	T-36, T-35	115.81	3.1993	3	-1	-0.09	0.09		-0.3	-1.13	-0.08	0.07		-0.05	-1.17	-0.09	109.95	10.30
								0.18			-0.01	0.32	0.01					
	T-27, T-36	117.28	2.6675	2.5	-0.75	-0.13	0.17		0.56	-0.52	-0.05	0.09		0.06	-0.46	-0.04	110.06	10.41
XXII	T-27, T-28	115.92	1.9219	2	-0.4	-0.12	0.30		0.63	0.32	0.10	0.30		0.03	0.36	0.12	110.10	10.55
	T-28, T-37	112.94	2.4009	2.5	0.4	0.04	0.10		0.59	0.74	0.15	0.20		0.02	0.76	0.16	110.06	10.41
	T-37, T-36	115.78	2.6431	2.5	-2.56	-1.25	0.49		0.74	-1.40	-0.31	0.22		0.07	-1.32	-0.28	109.78	10.13
								0.74			-0.11	0.82	0.07					
	T-28, T-37	112.94	2.4009	2.5	-0.4	-0.04	0.10		-0.59	-0.74	-0.15	0.20		-0.02	-0.76	-0.16	110.06	10.41
XXIII	T-28, T-29	115.7	2.4130	2.5	0.4	0.04	0.10		0.12	0.71	0.14	0.19		0.01	0.71	0.14	110.08	10.43
	T-29, T-38	114.32	3.7388	4	-1.26	-0.03	0.02		0.19	-0.44	-0.01	0.02		0.06	-0.39	-0.01	109.76	10.11
	T-38, T-37	116.08	4.7331	5	-2.31	-0.04	0.02		0.15	-1.49	-0.02	0.01		0.05	-1.44	-0.02	109.76	10.06
								0.15			-0.04	0.43	0.05					
	T-29, T-38	114.32	3.7388	4	1.26	0.03	0.02		-0.19	0.44	0.01	0.02		-0.06	0.39	0.01	109.76	10.11
XXIV	T-29, T-30	116.1	1.8305	2	0.4	0.12	0.30		0.03	0.43	0.21	0.49		-0.03	0.40	0.18	109.89	10.43
	T-30, T-39	111.43	1.3218	2	0.18	0.03	0.17		-0.05	0.20	0.23	1.18		-0.02	0.18	0.20	109.82	10.56
	T-39, T-38	118.32	1.5439	2	-0.4	-0.12	0.30		-0.04	-0.40	-0.43	1.07		0.00	-0.40	-0.43	109.33	10.07
								-0.04			0.02	2.75	0.00					
	T-30, T-39	111.43	1.3218	2	-0.18	-0.03	0.17		0.05	-0.20	-0.23	1.18		0.02	-0.18	-0.20	109.82	10.56
XXV	T-30, T-31	114.48	1.2367	2	0.25	0.05	0.20		0.04	0.24	0.48	2.00		0.02	0.26	0.56	109.45	10.51
	T-31, T-40	38.38	1.2247	2	0.11	0.00	0.04		0.01	0.10	0.03	0.32		0.01	0.11	0.04	109.70	10.80
	T-40, T-39	140.41	1.2782	2	-0.2	-0.04	0.20		0.01	-0.21	-0.40	1.88		0.01	-0.20	-0.36	109.46	10.56
								0.01			-0.12	5.38	0.01					
	T-35, T-34	114.28	4.0924	4	1.76	0.06	0.03		0.05	1.90	0.06	0.03		-0.04	1.87	0.06	109.97	10.25
	T-35, T-42	115.12	3.0147	3	1.71	0.24	0.14		-0.4	1.01	0.09	0.09		-0.05	0.96	0.08	109.96	10.49
XXVI	T-42, T-41	116.17	2.1265	2	-0.52	-0.19	0.38		0.08	-0.16	-0.02	0.10		0.01	-0.15	-0.02	109.89	10.57
	T-41, T-34	117.09	2.3102	2.5	-1	-0.22	0.22		0.08	-0.64	-0.14	0.22		0.01	-0.63	-0.14	109.87	10.40
								0.08			-0.01	0.45	0.01					
	T-35, T-42	115.12	3.0147	3	-1.71	-0.24	0.14		0.4	-1.01	-0.09	0.09		0.05	-0.96	-0.08	109.96	10.49
XXVII	T-36, T-35	115.81	3.1993	3	1	0.09	0.09		0.3	1.13	0.08	0.07		0.05	1.17	0.09	109.95	10.30
	T-36, T-43	115.91	3.2619	3	-1.13	-0.11	0.10		0.48	-0.07	0.00	0.01		0.06	-0.01	0.00	109.86	10.21
	T-43, T-42	114.29	3.5741	4	-1.63	-0.05	0.03		0.48	-0.57	-0.01	0.02		0.06	-0.51	-0.01	109.86	10.29
								0.48			-0.02	0.19	0.06					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tabla de curvas horizontales**

No Curva	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexión Δ	Long. Curva	External	Ordenada media	Cuerda Máxima	e %	Sub tangente
1	18	63.66	140.10	44.01	34.76	11.86	33.8	3	49.59
2	18	63.66	91.21	28.66	7.73	5.41	25.7	3	18.38
3	18	63.66	101.20	31.79	10.36	6.58	27.8	3	21.91
4	26	44.07	68.05	30.88	5.37	4.45	29.1	3	17.55
5	20	57.30	84.96	29.66	7.12	5.25	27.0	3	18.31
6	18	63.66	123.96	38.94	20.31	9.54	31.8	3	33.82
7	20	57.30	24.68	8.61	0.47	0.46	8.5	3	4.38
8	20	57.30	111.99	39.09	15.76	8.82	33.2	3	29.65
9	18	63.66	33.72	10.59	0.81	0.77	10.4	3	5.46
10	18	63.66	45.51	14.30	1.52	1.40	13.9	3	7.55
11	18	63.66	7.81	2.45	0.04	0.04	2.5	3	1.23
12	20	57.30	42.38	14.79	1.45	1.35	14.5	3	7.75
13	20	57.30	29.04	10.14	0.66	0.64	10.0	3	5.18
14	25	45.84	51.73	22.57	2.78	2.50	21.8	3	12.12
15	18	63.66	44.89	14.10	1.48	1.36	13.7	3	7.44
16	18	63.66	18.66	5.86	0.24	0.24	5.8	3	2.96
17	18	63.66	51.47	16.17	1.98	1.79	15.6	3	8.68
18	18	63.66	41.30	12.98	1.24	1.16	12.7	3	6.78
19	18	63.66	20.37	6.40	0.29	0.28	6.4	3	3.23
20	18	63.66	63.23	19.86	3.14	2.67	18.9	3	11.08
21	20	57.30	40.21	14.04	1.30	1.22	13.7	3	7.32
22	18	63.66	58.68	18.43	2.65	2.31	17.6	3	10.12
23	18	63.66	86.61	27.21	6.74	4.90	24.7	3	16.97
24	18	63.66	63.01	19.80	3.11	2.65	18.8	3	11.03
25	21	54.57	55.40	20.30	2.72	2.41	19.5	3	11.02
26	18	63.66	134.25	42.18	28.30	11.00	33.2	3	42.66
27	22	52.09	26.57	10.20	0.61	0.59	10.1	3	5.19
28	18	63.66	60.54	19.02	2.84	2.45	18.1	3	10.51
29	18	63.66	27.28	8.57	0.52	0.51	8.5	3	4.37
30	18	63.66	121.62	38.21	18.91	9.22	31.4	3	32.22
31	20	57.30	39.15	13.67	1.23	1.16	13.4	3	7.11
32	18	63.66	120.55	37.87	18.30	9.07	31.3	3	31.52

Continuación apéndice 3.

33	18	63.66	23.44	7.36	0.38	0.38	7.3	3	3.73
34	25	45.84	28.66	12.50	0.80	0.78	12.4	3	6.39
35	18	63.66	32.05	10.07	0.73	0.70	9.9	3	5.17
36	18	63.66	76.47	24.03	4.92	3.86	22.3	3	14.18
37	18	63.66	75.69	23.78	4.79	3.79	22.1	3	13.98
38	18	63.66	88.22	27.71	7.07	5.08	25.1	3	17.45
39	20	57.30	49.61	17.32	2.03	1.85	16.8	3	9.24
40	18	63.66	68.33	21.47	3.75	3.11	20.2	3	12.22
41	18	63.66	45.13	14.18	1.49	1.38	13.8	3	7.48
42	18	63.66	5.11	1.61	0.02	0.02	1.6	3	0.80

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Tabla de curvas verticales**

No. De Curva	EST PIV	EST elevación	Pendiente de entrada	Pendiente de Salida	Tipo de curva	Diferencia "A"	K de Visibilidad	LCV de Diseño	OM
0	0+000.00m	26		6.43%		-		-	-
1	0+044.90m	29	6.43%	-8.07%	convexa	14.50%	1	14.50	0.2628
2	0+127.31m	22	-8.07%	0.59%	cóncava	8.66%	2	17.32	0.1875
3	0+500.00m	25	0.59%	2.35%	cóncava	1.76%	2	3.52	0.0077
4	0+547.05m	26	2.35%	8.09%	cóncava	5.74%	2	11.48	0.0823
5	0+641.74m	33	8.09%	-3.69%	convexa	11.78%	1	11.78	0.1734
6	0+688.88m	32	-3.69%	1.81%	cóncava	5.50%	2	11.00	0.0756
7	0+778.79m	33	1.81%	15.00%	cóncava	13.19%	2	26.38	0.4350
8	0+970.33m	62	15.00%	-12.98%	convexa	27.98%	1	27.98	0.9786
9	1+081.06m	48	-12.98%	-3.69%	cóncava	9.29%	2	18.58	0.2158
10	1+168.66m	44	-3.69%	0.57%	cóncava	4.26%	2	8.53	0.0454
11	1+240.69m	45	0.57%	12.81%	cóncava	12.24%	2	24.47	0.3744
12	1+402.45m	66	12.81%	4.58%	convexa	8.23%	1	8.23	0.0846
13	1+607.53m	75	4.58%	12.36%	cóncava	7.78%	2	15.57	0.1514
14	1+713.32m	88	12.36%	-1.70%	convexa	14.06%	1	14.06	0.2471
15	1+759.10m	87	-1.70%	11.70%	cóncava	13.40%	2	26.80	0.4489
16	1+831.14m	96	11.70%	-8.12%	convexa	19.83%	1	19.83	0.4915
17	1+948.06m	86	-8.12%	4.87%	cóncava	13.00%	2	25.99	0.4224
18	2+044.47m	91	4.87%	10.39%	cóncava	5.52%	2	11.04	0.0762
19	2+123.09m	99	10.39%	-0.81%	convexa	11.20%	1	11.20	0.1568
20	2+157.14m	99	-0.81%	1.09%	cóncava	1.90%	2	3.80	0.0090
21	2+467.88m	102	1.09%	11.74%	cóncava	10.65%	2	21.30	0.2836
22	2+551.92m	112	11.74%	2.16%	convexa	9.58%	1	9.58	0.1148
23	2+621.34m	113	2.16%	15.99%	cóncava	13.83%	2	27.66	0.4782
24	2+862.01m	152	15.99%	9.08%	convexa	6.91%	1	6.91	0.0597
25	3+038.47m	168	9.08%	7.54%	convexa	1.54%	1	1.54	0.0030
26	3+101.25m	173	7.54%	15.46%	cóncava	7.91%	2	15.83	0.1565
27	3+187.07m	186	15.46%	-10.07%	convexa	25.53%	1	25.53	0.8147
28	3+284.42m	176	-10.07%	11.33%	cóncava	21.40%	2	42.81	1.1450
29	3+353.33m	184	11.33%	14.28%	cóncava	2.95%	2	5.90	0.0217

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Desglose de presupuesto de carretera**

DESCRIPCION DEL RENGLON	TOPOGRAFIA Y REPLANTEO TOPOGRAFICO DURANTE LA EJECUCION
NO. DE RENGLON	1.01
UNIDAD	KM.
CANTIDAD	3.44
PRECIO UNITARIO	Q 13,928.08
PRECIO TOTAL	Q 47,912.59

MATERIAL/HERRAMIENTA						
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	ESTACA DE 1"X1"X12" RUSTICA	UNIDAD	344.00	Q 5.00	Q	1,720.00
2	HERRAMIENTA			5.00%	Q	1,547.78
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA						Q 3,267.78

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA						
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	TOPOGRAFO	ML	3439.50	Q 3.00	Q	10,318.50
2	CADENERO	ML	3439.50	Q 3.00	Q	10,318.50
3	AYUDANTE	ML	3439.50	Q 3.00	Q	10,318.50
TOTAL MANO DE OBRA						Q 30,955.50

CUADRO RESUMEN						
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)					Q 34,223.28
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)			40.00%		Q 13,689.31
TOTAL DEL RENGLON						Q 47,912.59

DESCRIPCION DEL RENGLON	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE
NO. DE RENGLON	1.02
UNIDAD	Ha
CANTIDAD	2.75
PRECIO UNITARIO	Q 694.51
PRECIO TOTAL	Q 1,911.00

Continuación apéndice 5.

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	HERRAMIENTA			5.00%	Q 65.00
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 65.00

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO	DIA	2.00	Q 150.00	Q 300.00
2	AYUDANTES (4)	DIA	10.00	Q 100.00	Q 1,000.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 1,300.00

CUADRO RESUMEN					
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)				Q 1,365.00
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)			40.00%	Q 546.00
TOTAL DEL RENGLON					Q 1,911.00

DESCRIPCION DEL RENGLON	EXCAVACION DE MATERIAL NO CLASIFICADO
NO. DE RENGLON	2.01
UNIDAD	M3
CANTIDAD	29366.00
PRECIO UNITARIO	Q 44.72
PRECIO TOTAL	Q 1,313,375.00

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	HERRAMIENTA			5.00%	Q 1,125.00
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 1,125.00

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO (1)	DIA	80.00	Q 150.00	Q 12,000.00

Continuación apéndice 5.

2	AYUDANTES (4)	DIA	105.00	Q	100.00	Q	10,500.00
TOTAL MANO DE OBRA							Q 22,500.00

MAQUINARIA Y EQUIPO							
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO		TOTAL
1	RETRO EXCAVADORA	HORAS	1130.00	Q	375.00	Q	423,750.00
2	CARGADOR FRONTAL	HORAS	1130.00	Q	275.00	Q	310,750.00
3	CAMION DE VOLTEO	DIA	120.00	Q	1,500.00	Q	180,000.00
TOTAL MAQUINARIA							Q 914,500.00

CUADRO RESUMEN			
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)		Q 938,125.00
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)		40.00% Q 375,250.00
TOTAL DEL RENGLON			Q 1,313,375.00

DESCRIPCION DEL RENGLON	ACARREO DE MATERIAL DE DESPERDICIO
NO. DE RENGLON	2.02
UNIDAD	M3/KM
CANTIDAD	21385.00
PRECIO UNITARIO	Q 5.76
PRECIO TOTAL	Q 123,217.50

MATERIAL/HERRAMIENTA							
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO		TOTAL
1	HERRAMIENTA				5.00%	Q	262.50
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA							Q 262.50

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA							
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO		TOTAL
1	ENCARGADO (1)	DIA	15.00	Q	150.00	Q	2,250.00
2	AYUDANTE (2)	DIA	30.00	Q	100.00	Q	3,000.00

Continuación apéndice 5.

TOTAL MANO DE OBRA					Q 5,250.00
---------------------------	--	--	--	--	-------------------

MAQUINARIA Y EQUIPO					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	CAMION DE VOLTEO	DIA	30.00	Q 1,500.00	Q 45,000.00
2	RETRO EXCAVADORA	HORAS	100.00	Q 375.00	Q 37,500.00
TOTAL MAQUINARIA					Q 82,500.00

CUADRO RESUMEN			
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)		Q 88,012.50
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)	40.00%	Q 35,205.00
TOTAL DEL RENGLON			Q 123,217.50

DESCRIPCION DEL RENGLON	REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE
NO. DE RENGLON	3.01
UNIDAD	M2
CANTIDAD	20637.00
PRECIO UNITARIO	Q 23.55
PRECIO TOTAL	Q 486,080.00

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	CAL VIVA	SACO	2900.00	Q 50.00	Q 145,000.00
2	HERRAMIENTA			5.00%	Q 500.00
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 145,500.00

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO (1)	DIA	25.00	Q 150.00	Q 3,750.00
2	AYUDANTES (4)	DIA	25.00	Q 100.00	Q 2,500.00
3	LABORATORISTA	DIA	25.00	Q 150.00	Q 3,750.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 10,000.00

Continuación apéndice 5.

MAQUINARIA Y EQUIPO						
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	MOTONIVELADORA	HORAS	200.00	Q 500.00	Q	100,000.00
2	VIBROCOMPACTADOR	HORAS	170.00	Q 250.00	Q	42,500.00
3	CISTERNA	HORAS	45.00	Q 75.00	Q	3,375.00
4	RETRO EXCAVADORA	HORAS	90.00	Q 375.00	Q	33,750.00
5	EQUIPO DE LABORATORIO DE SUELOS	DIA	25.00	Q 150.00	Q	3,750.00
4	CAMION DE VOLTEO	HORAS	45.00	Q 185.00	Q	8,325.00
TOTAL MAQUINARIA						Q 191,700.00

CUADRO RESUMEN			
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)		Q 347,200.00
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)	40.00%	Q 138,880.00
TOTAL DEL RENGLON			Q 486,080.00

DESCRIPCION DEL RENGLON	TENDIDO DE BALASTO
NO. DE RENGLON	4.01
UNIDAD	M3
CANTIDAD	4127.00
PRECIO UNITARIO	Q 214.62
PRECIO TOTAL	Q 885,720.50

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	MATERIAL DE BALASTO	M3	4127.40	Q 125.00	Q 515,925.00
8	HERRAMIENTA			5.00%	Q 82.50
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 516,007.50

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO	DIA	5.00	Q 150.00	Q 750.00
2	AYUDANTES	DIA	9.00	Q 100.00	Q 900.00

Continuación apéndice 5.

TOTAL MANO DE OBRA	Q 1,650.00
---------------------------	-------------------

MAQUINARIA Y EQUIPO						
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	MOTONIVELADORA	HORAS	100.00	Q 450.00	Q	45,000.00
2	CAMION DE VOLTEO	HORAS	100.00	Q 200.00	Q	20,000.00
3	CARGADOR FRONTAL	HORAS	100.00	Q 275.00	Q	27,500.00
4	VIBROCOMPACTADORA	HORAS	100.00	Q 225.00	Q	22,500.00
TOTAL MAQUINARIA						Q 115,000.00

CUADRO RESUMEN			
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)		Q 632,657.50
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)	40.00%	Q 253,063.00
TOTAL DEL RENGLON			Q 885,720.50

DESCRIPCION DEL RENGLON	TRAMOS EMPEDRADOS
NO. DE RENGLON	4.02
UNIDAD	M2
CANTIDAD	2717.00
PRECIO UNITARIO	Q 215.48
PRECIO TOTAL	Q 585,471.44

MATERIAL/HERRAMIENTA						
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	CEMENTO DE 2100 KG/M3	SACO	990.00	Q 75.00	Q	74,250.00
2	PIEDRA BOLA	M3	275.00	Q 200.00	Q	55,000.00
3	ARENA	M3	80.00	Q 130.00	Q	10,400.00
4	PIEDRIN 1/2"	M3	119.00	Q 200.00	Q	23,800.00
5	FORMALETA	M2	2717.00	Q 5.00	Q	13,585.00
6	HERRAMIENTA			5.00%	Q	7,555.19
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA						Q 184,590.19

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA
--

Continuación apéndice 5.

NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO	DIA	11.00	Q 150.00	Q 1,650.00
2	AYUDANTE (3)	M2	2717.34	Q 35.00	Q 95,106.90
3	ALBAÑIL	M2	2717.34	Q 20.00	Q 54,346.80
TOTAL MANO DE OBRA					Q 151,103.70

MAQUINARIA Y EQUIPO					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	MEZCLADORA	DIA	11.00	Q 2,100.00	Q 23,100.00
2	MOTONIVELADORA	HORA	88.00	Q 450.00	Q 39,600.00
4	VIBROCOMPACTOR LISO	HORA	88.00	Q 225.00	Q 19,800.00
TOTAL MAQUINARIA					Q 82,500.00

CUADRO RESUMEN					
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)				Q 418,193.89
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)			40.00%	Q 167,277.55
TOTAL DEL RENGLON					Q 585,471.44

DESCRIPCION DEL RENGLON	CUNETAS REVESTIDAS
NO. DE RENGLON	5.01
UNIDAD	ML
CANTIDAD	3207.00
PRECIO UNITARIO	Q 246.48
PRECIO TOTAL	Q 790,463.80

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	FORMALETA	M2	3848.00	Q 5.00	Q 19,240.00
2	CEMENTO	SACOS	2828.00	Q 75.00	Q 212,100.00
3	ARENA	M3	227.00	Q 130.00	Q 29,510.00
4	PIEDRIN DE 1/2"	M3	340.00	Q 200.00	Q 68,000.00
5	HERRAMIENTA			5.00%	Q 10,627.00
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 339,477.00

Continuación apéndice 5.

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO (1)	DIA	6.00	Q 150.00	Q 900.00
2	ALBAÑIL	M2	3848.00	Q 35.00	Q 134,680.00
3	AYUDANTE (2)	M2	3848.00	Q 20.00	Q 76,960.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 212,540.00

MAQUINARIA Y EQUIPO					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	MEZCLADORA	DIA	6.00	Q 2,100.00	Q 12,600.00
TOTAL MAQUINARIA					Q 12,600.00

CUADRO RESUMEN				
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)			Q 564,617.00
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)			40.00% Q 225,846.80
TOTAL DEL RENGLON				Q 790,463.80

DESCRIPCION DEL RENGLON	EXCAVACION ESTRUCTURAL PARA DRENAJE TRANSVERSAL
NO. DE RENGLON	5.02
UNIDAD	M3
CANTIDAD	352.00
PRECIO UNITARIO	Q 35.29
PRECIO TOTAL	Q 790,463.80

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	HERRAMIENTA			5.00%	Q 22.50
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 22.50

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL

Continuación apéndice 5.

1	ENCARGADO	DIA	1.00	Q	150.00	Q	150.00
2	AYUDANTE (2)	DIA	3.00	Q	100.00	Q	300.00
TOTAL MANO DE OBRA						Q	450.00

MAQUINARIA Y EQUIPO						
NO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	RETROEXCAVADORA	HORAS	15.00	Q	375.00	Q 5,625.00
2	CAMION DE VOLTEO	HORAS	15.00	Q	185.00	Q 2,775.00
TOTAL MAQUINARIA						Q 8,400.00

CUADRO RESUMEN			
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)		Q 8,872.50
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)		40.00% Q 3,549.00
TOTAL DEL RENGLON			Q 12,421.50

DESCRIPCION DEL RENGLON	CAJAS Y CABEZALES
NO. DE RENGLON	5.03
UNIDAD	M3
CANTIDAD	995.00
PRECIO UNITARIO	Q 681.49
PRECIO TOTAL	Q 678,083.00

MATERIAL/HERRAMIENTA						
NO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	CONCRETO	SACO	2411.00	Q	75.00	Q 180,825.00
2	ARENA	M3	193.00	Q	130.00	Q 25,090.00
3	FORMALETA	M2	900.00	Q	5.00	Q 4,500.00
4	PIEDRIN 1/2"	M3	290.00	Q	200.00	Q 58,000.00
5	PIEDRA BOLA	M3	667.00	Q	200.00	Q 133,400.00
6	HERRAMIENTA				5.00%	Q 1,430.00
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA						Q 403,245.00

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA
--

Continuación apéndice 5.

NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO	DIA	20.00	Q 150.00	Q 3,000.00
2	FORMALETEADO	UNIDAD	80.00	Q 40.00	Q 3,200.00
3	FUNDICION	M3	995.00	Q 20.00	Q 19,900.00
5	ACABADO	M2	500.00	Q 5.00	Q 2,500.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 28,600.00

MAQUINARIA Y EQUIPO					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	MEZCLADORA	DIA	25.00	Q 2,100.00	Q 52,500.00
TOTAL MAQUINARIA					Q 52,500.00

CUADRO RESUMEN					
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)				Q 484,345.00
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)			40.00%	Q 193,738.00
TOTAL DEL RENGLON					Q 678,083.00

DESCRIPCION DEL RENGLON	TUBERIA DE PLANCHA ESTRUCTURAL DE 30" DE DIAMETRO HG
NO. DE RENGLON	5.04
UNIDAD	ML
CANTIDAD	312.00
PRECIO UNITARIO	Q 1,642.43
PRECIO TOTAL	Q 512,438.50

MATERIAL/HERRAMIENTA					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TUBO DE PLANCA ESTRUCTURAL DE 30" HG	ML	312.00	Q 1,120.00	Q 349,440.00
2	HERRAMIENTA			5.00%	Q 237.50
TOTAL DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q 349,677.50

MANO DE OBRA CALIFICADA/NO CALIFICADA					
---------------------------------------	--	--	--	--	--

Continuación apéndice 5.

NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ENCARGADO	DIA	5.00	Q 150.00	Q 750.00
2	COLOCACION DE TUBO	UNIDAD	40.00	Q 100.00	Q 4,000.00
TOTAL MANO DE OBRA					Q 4,750.00

MAQUINARIA Y EQUIPO					
NO .	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	SOLDADORA ELECTRICA	HORAS	80.00	Q 80.00	Q 6,400.00
2	GENERADORA ELECTRICA	HORAS	80.00	Q 65.00	Q 5,200.00
TOTAL MAQUINARIA					Q 11,600.00

CUADRO RESUMEN					
1	TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES+EQUIPO+MANO DE OBRA)				Q 366,027.50
2	TOTAL COSTO INDIRECTO (UTILIDAD+ADMINISTRACION+IMPREVISTOS)			40.00%	Q 146,411.00
TOTAL DEL RENGLON					Q 512,438.50

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 6. Planos del diseño del sistema de agua potable en los
barrios El Rastro y El Estrecho, Puerto Barrios, Izabal**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

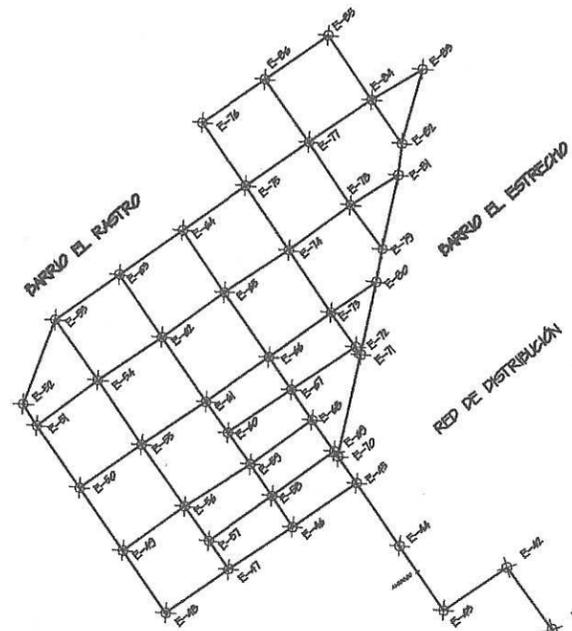


TABLA TOPOGRÁFICA			
EST	P2	AZIMUT	DH
E-1	E-2	010°57'05"	100.16
E-2	E-3	306°59'26"	108.05
E-3	E-4	285°59'51"	119.51
E-4	E-5	285°59'51"	107.36
E-5	E-6	270°57'24"	107.36
E-6	E-7	274°02'08"	99.55
E-7	E-8	274°02'08"	87.26
E-8	E-9	270°57'24"	99.17
E-9	E-10	265°26'08"	99.89
E-10	E-11	273°59'16"	156.65
E-11	E-12	273°59'16"	121.91
E-12	E-13	274°30'11"	119.62
E-13	E-14	276°57'20"	100.14
E-14	E-15	275°28'48"	100.44
E-15	E-16	272°07'15"	100.44
E-16	E-17	274°50'02"	119.30
E-17	E-18	274°59'55"	99.71
E-18	E-19	271°25'59"	110.60
E-19	E-20	268°24'09"	75.61
E-20	E-21	340°19'15"	51.58
E-21	E-22	341°27'21"	76.00
E-22	E-23	340°49'24"	99.51
E-23	E-24	340°18'45"	110.02
E-24	E-25	341°45'05"	88.00
E-25	E-26	005°24'08"	111.96
E-26	E-27	005°41'30"	10.00
E-27	E-28	240°23'08"	82.31
E-28	E-29	342°12'21"	88.35
E-29	E-30	391°41'00"	99.41
E-30	E-31	395°10'56"	162.0
E-31	E-32	005°39'49"	18.37
E-32	E-33	004°21'24"	79.36
E-33	E-34	005°39'08"	114.56
E-34	E-35	001°59'51"	110.00
E-35	E-36	024°09'51"	110.24
E-36	E-37	005°24'14"	135.71
E-37	E-38	399°11'32"	19.42
E-38	E-39	005°14'05"	69.99

TABLA TOPOGRÁFICA			
EST	P2	AZIMUT	DH
E-41	E-42	005°49'50"	116.09
E-42	E-43	275°59'39"	115.69
E-43	E-44	005°49'50"	117.88
E-44	E-45	005°28'56"	114.50
E-45	E-46	275°47'02"	117.4
E-46	E-47	275°49'19"	115.48
E-47	E-48	275°16'57"	114.58
E-48	E-49	005°39'39"	114.16
E-49	E-50	005°19'43"	114.30
E-50	E-51	005°39'30"	119.78
E-51	E-52	001°44'08"	28.59
E-52	E-53	040°32'39"	35.56
E-53	E-54	184°41'08"	11.49
E-54	E-55	185°44'16"	117.90
E-55	E-56	185°19'07"	119.40
E-56	E-57	185°12'30"	69.48
E-57	E-58	034°45'38"	116.99
E-58	E-59	005°19'55"	57.79
E-59	E-60	004°44'44"	58.56
E-60	E-61	004°44'44"	56.72
E-61	E-62	005°41'49"	117.99
E-62	E-63	005°07'17"	119.35
E-63	E-64	034°56'15"	116.07
E-64	E-65	186°09'41"	112.34
E-65	E-66	186°25'47"	118.59
E-66	E-67	185°41'05"	59.70
E-67	E-68	185°28'04"	59.26
E-68	E-69	184°28'48"	57.72
E-69	E-70	184°28'48"	123.8
E-70	E-71	081°30'12"	157.69
E-71	E-72	005°42'46"	19.36
E-72	E-73	004°19'36"	69.50
E-73	E-74	005°49'45"	119.35
E-74	E-75	005°39'45"	117.28
E-75	E-76	005°39'52"	115.91
E-76	E-77	005°29'19"	118.80
E-77	E-78	186°22'24"	114.19
E-78	E-79	185°39'46"	81.40
E-79	E-80	250°31'25"	50.32

TABLA TOPOGRÁFICA			
EST	P2	AZIMUT	DH
E-81	E-82	032°20'57"	119.92
E-82	E-83	046°45'46"	47.84
E-83	E-84	085°30'58"	15.90
E-84	E-85	275°29'39"	89.47
E-85	E-86	005°46'49"	117.28
E-86	E-87	275°16'20"	116.17

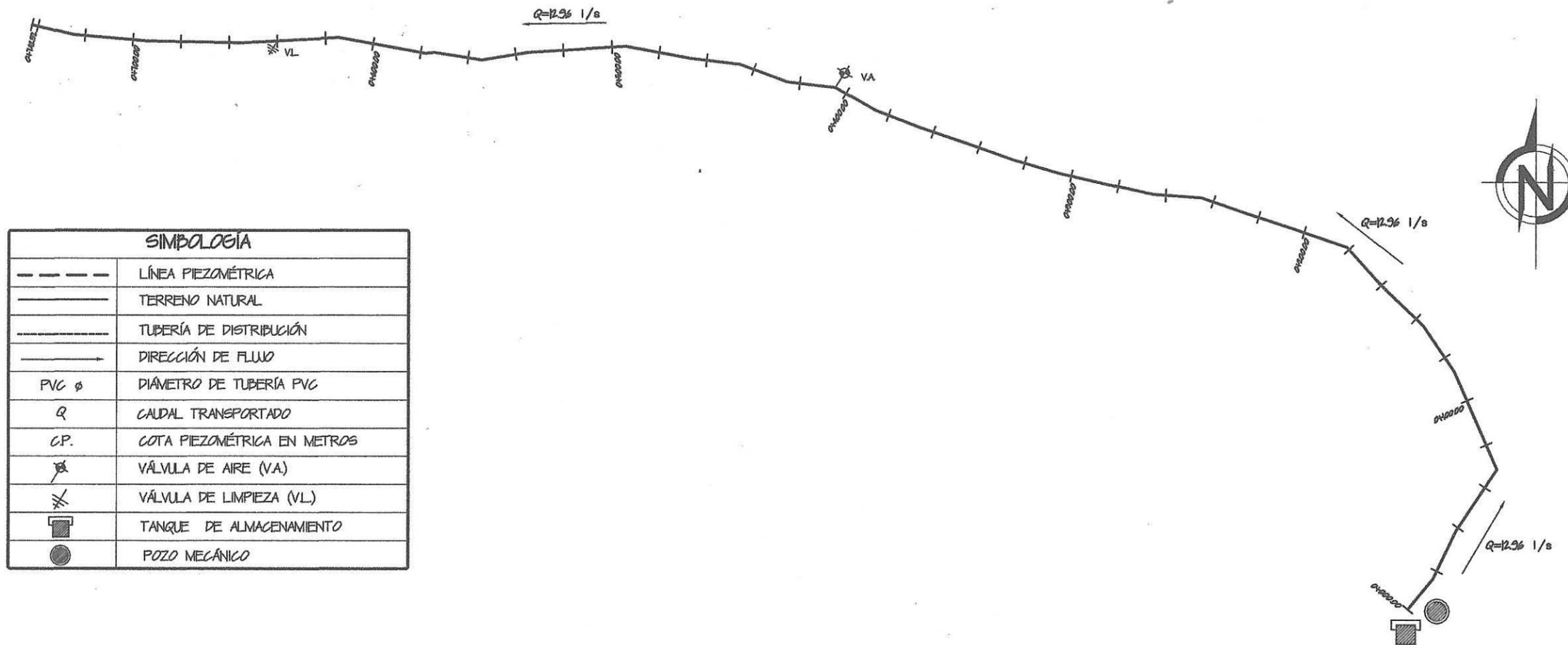
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	
PROYECTO	SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
UBICAR	BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
MUNICIPALIDAD	PUERTO BARRIOS
ALCALDE	LIC. HUGO RENÉ SARCENO ORELLANA
ASESOR	ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
DISEÑO	BLANCA ROSA GUTÉRREZ RECINOS
NORMATIVAS:	NORMAS DE ABASTECIMIENTO INFORMACION Y COORDINAR NEG. ESPECIFICACIONES GENERALES Y TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN INFORM. ACI, ASTM.
SOFTWARE UTILIZADO	AUTOCAD CIVIL 3D 2013, MICROSOFT OFFICE 2013
POBLACION ACTUAL	9,715 HABITANTES
PERIODO DE DISEÑO	20 AÑOS + 2 AÑOS DE GESTIÓN DEL PROYECTO.
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	2.1%
AFORO DE LA FUENTE	16406 l/s
DOTACION	120 l/HAB/DÍA
CAUDAL MEDIO DIARIO	648 l/s
FACTOR DE DIA MAXIMO:	12
FACTOR DE HORA MAXIMO	2
CAUDAL DE DIA MAXIMO	7.78 l/s
CAUDAL DE HORA MAXIMO	12.96 l/s
CAUDAL DE BOMPEO	1556 l/s
POTENCIA DE LA BOMBA	40 HP
LAS TUBERIAS DEBERAN ENTERRARSE A UNA PROFUNDIDAD MINIMA DE 100 METROS; PARA TUBERIA INSTALADA BAJO CALLES DE TRANSITO PESADO LA PROFUNDIDAD MINIMA SERA DE 120 METROS. TODA LA TUBERIA A UTILIZAR SERA DE PVC ASTM D 22-41, CLASE 140 PSI	

PLANTA GENERAL

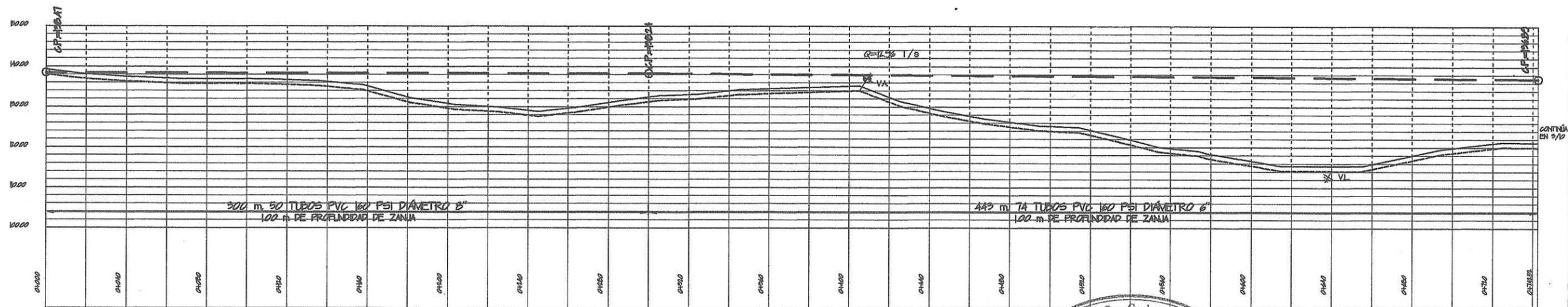
ESCALA 1:2000



	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.		
	UBICACION: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL		
CONTENIDO: PLANTA GENERAL	ESCALA: INDICADA		
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTÉRREZ	HOJA No. 1/10		
CALCULO: BLANCA GUTÉRREZ			
FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO-EPS			



SIMBOLOGÍA	
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PVC ϕ	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC
Q	CAUDAL TRANSPORTADO
CP.	COTA PIEZOMÉTRICA EN METROS
✱	VÁLVULA DE AIRE (VA)
✂	VÁLVULA DE LIMPIEZA (VL)
■	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
●	POZO MECÁNICO



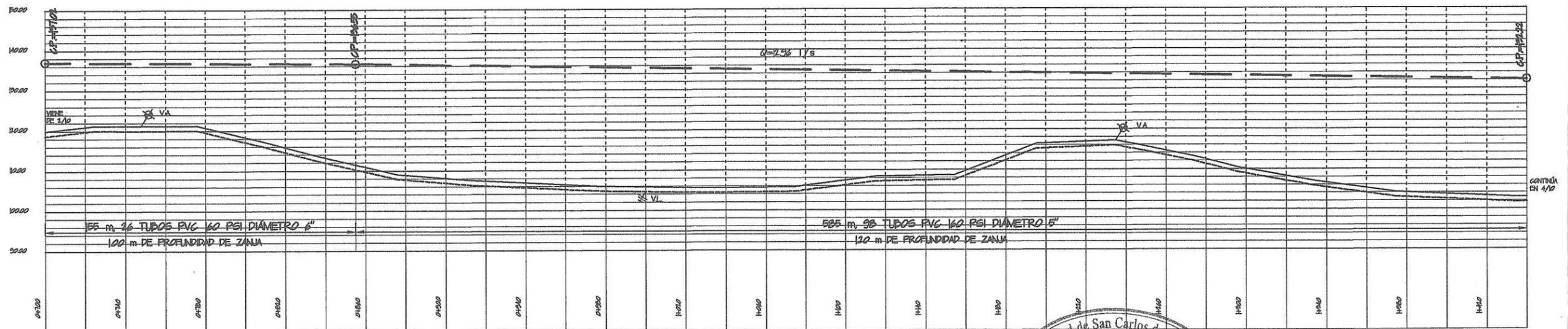
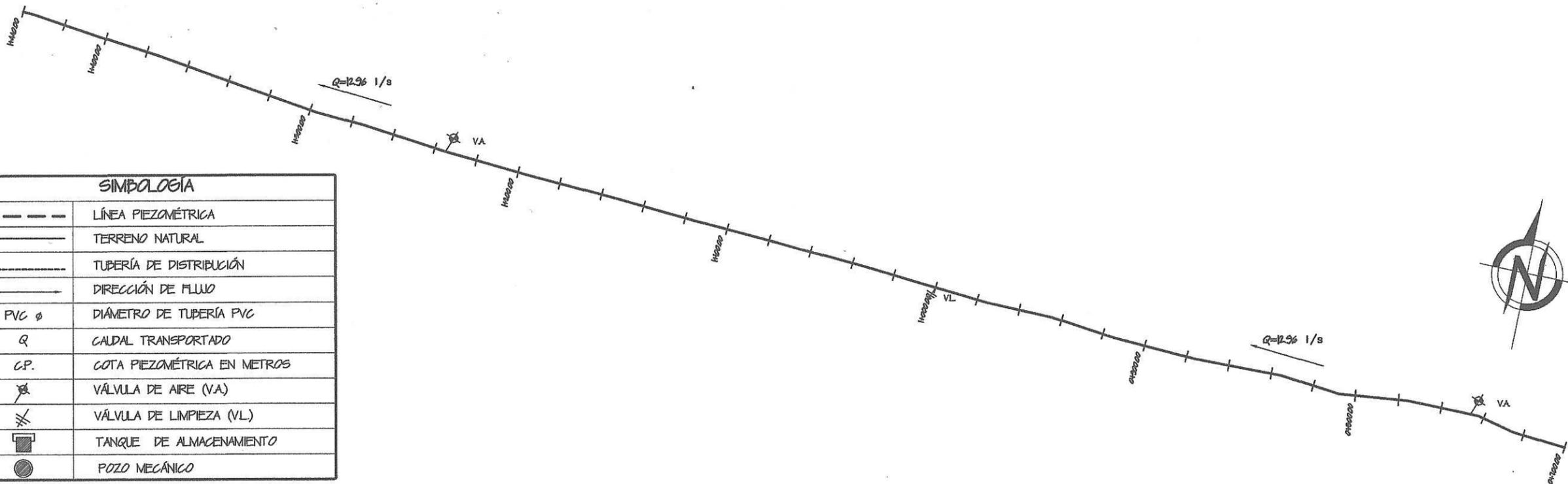
PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
	UBICACIÓN: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	ESCALA: INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ	HOJA No. 2/10
CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	
FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS	ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ (ASESOR)

SIMBOLOGÍA	
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PVC Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC
Q	CAUDAL TRANSPORTADO
C.P.	COTA PIEZOMÉTRICA EN METROS
✱	VÁLVULA DE AIRE (VA)
⊘	VÁLVULA DE LIMPIEZA (VL)
■	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
●	POZO MECÁNICO

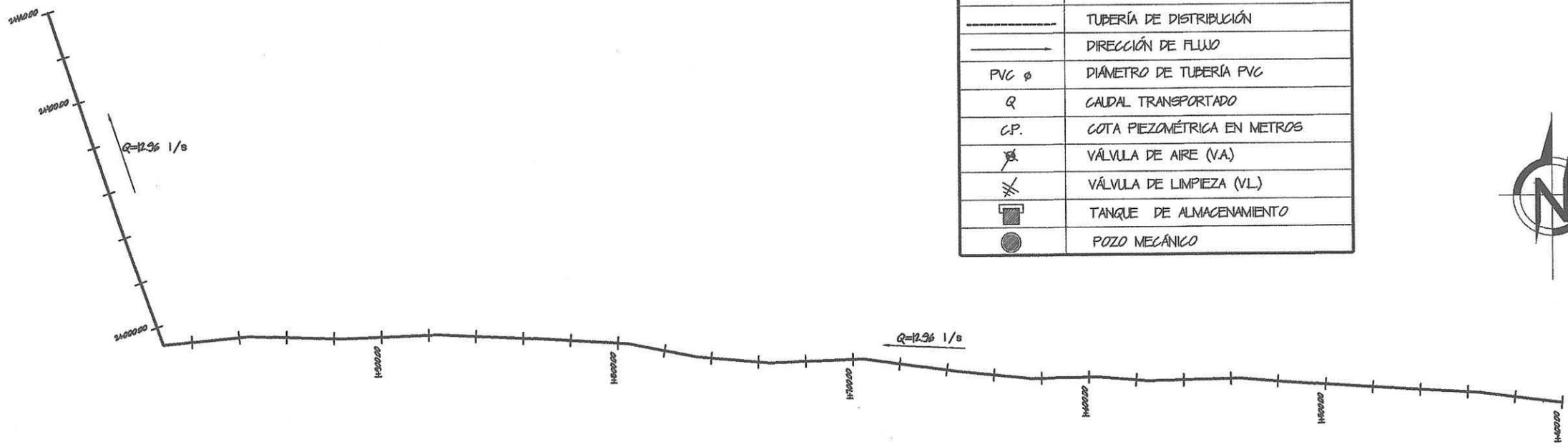


PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

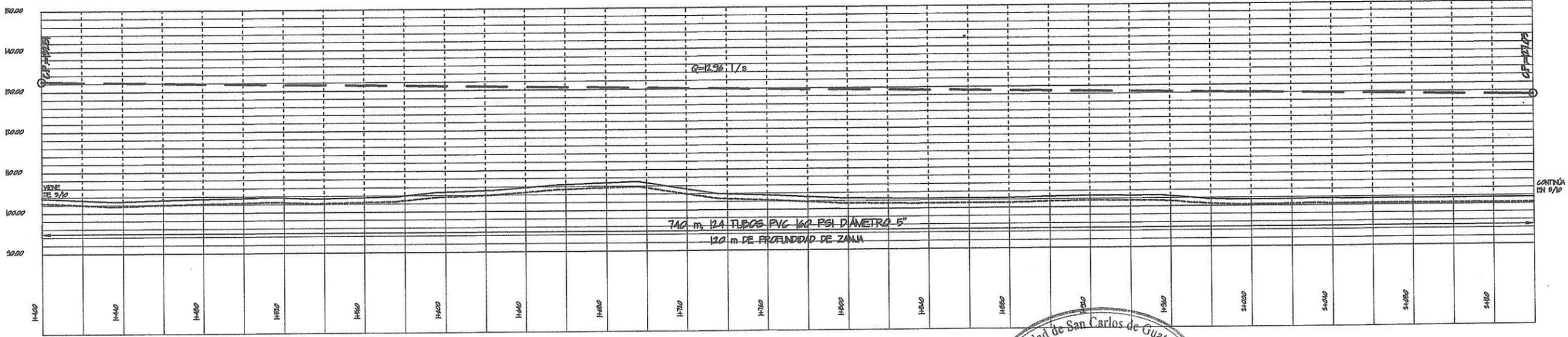
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
	UBICACIÓN: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	ESCALA INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTÉRREZ	HOJA No. 3/10
CÁLCULO: BLANCA GUTÉRREZ	
FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-	ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ (ASESOR)



SIMBOLOGÍA	
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PVC φ	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC
Q	CAUDAL TRANSPORTADO
C.P.	COTA PIEZOMÉTRICA EN METROS
⊗	VÁLVULA DE AIRE (VA)
⊗	VÁLVULA DE LIMPIEZA (VL)
☐	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
●	POZO MECÁNICO

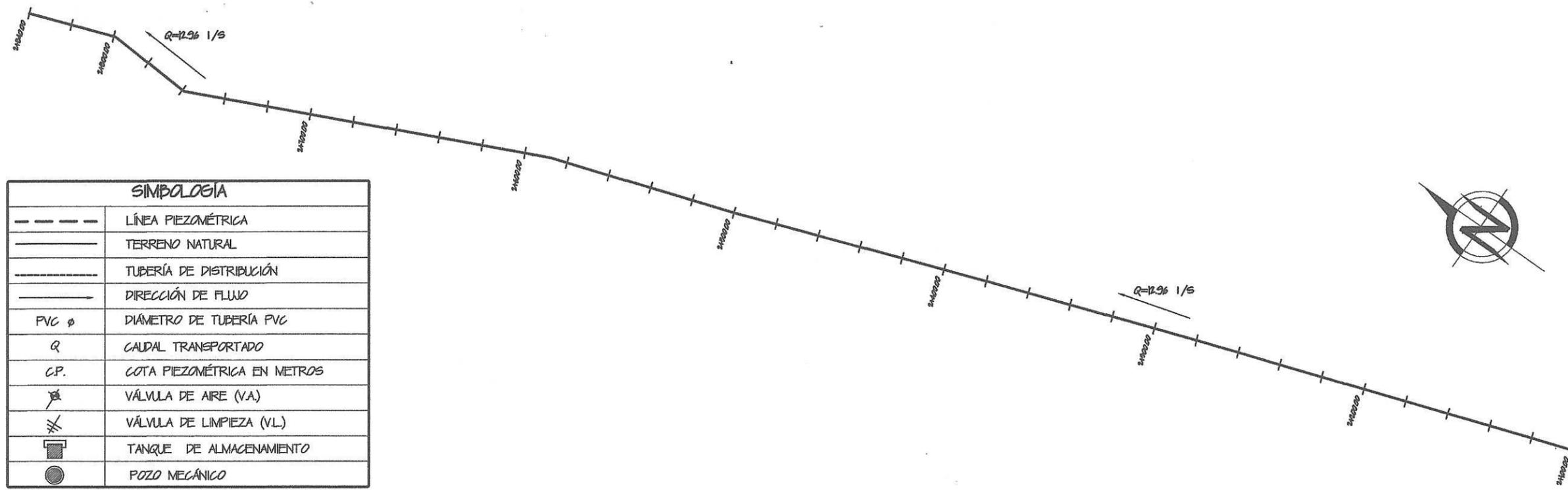


PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

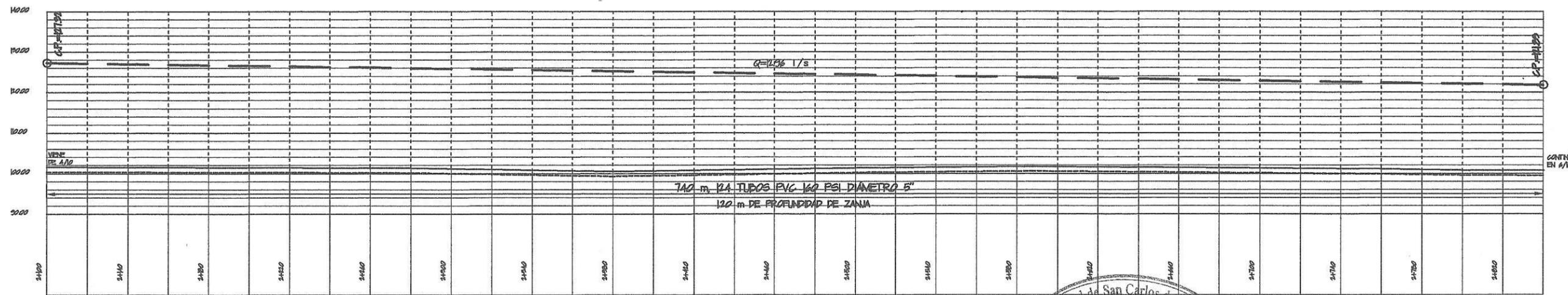
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	
	UBICACIÓN: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL.	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	ESCALA: INDICADA	
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ	HOJA No. 4/10	
CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS.	



SIMBOLOGIA	
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PVC ϕ	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC
Q	CAUDAL TRANSPORTADO
C.P.	COTA PIEZOMÉTRICA EN METROS
⊗	VÁLVULA DE AIRE (VA)
⊗	VÁLVULA DE LIMPIEZA (VL)
■	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
●	POZO MECÁNICO



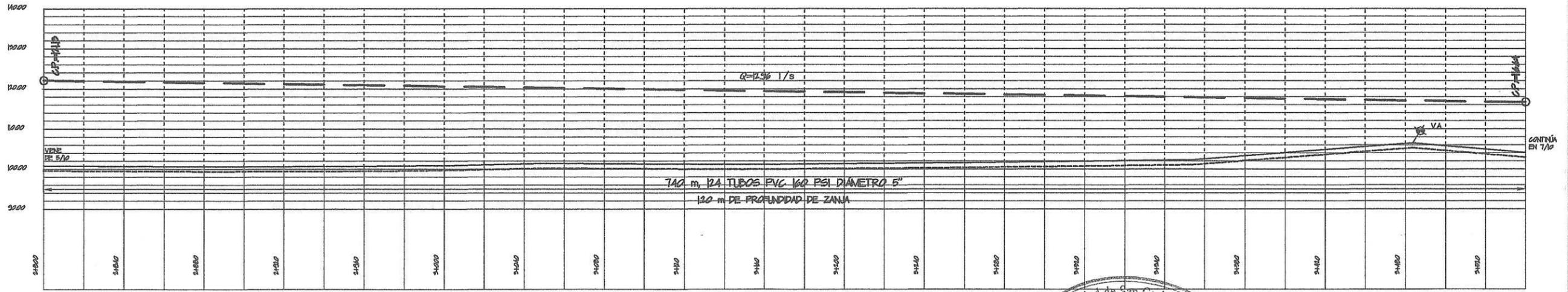
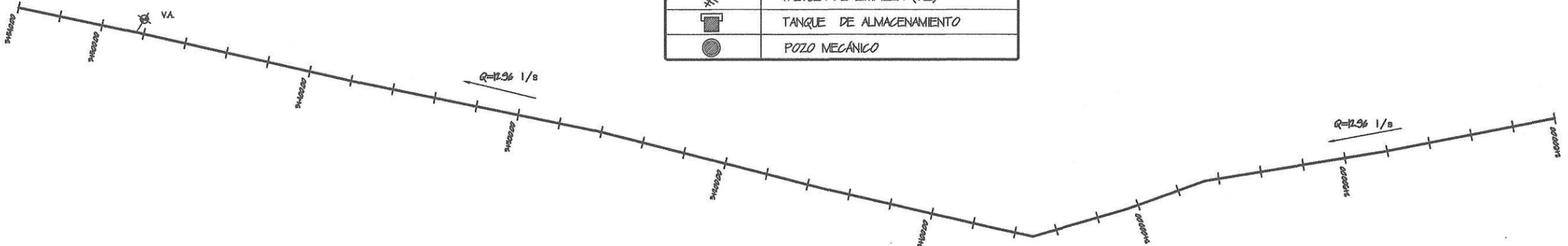
PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
	UBICACIÓN: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIERREZ CÁLCULO: BLANCA GUTIERREZ	HOJA No. 5/10 ESCALA INDICADA
FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS- 	

SIMBOLOGIA	
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PVC ϕ	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC
Q	CAUDAL TRANSPORTADO
C.P.	COTA PIEZOMÉTRICA EN METROS
⊗	VÁLVULA DE AIRE (V.A.)
⊗	VÁLVULA DE LIMPIEZA (V.L.)
□	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
○	POZO MECÁNICO



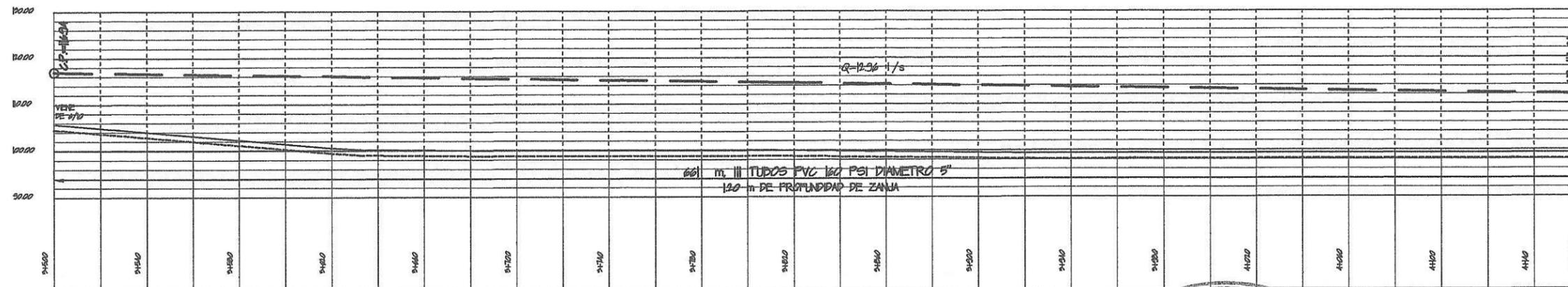
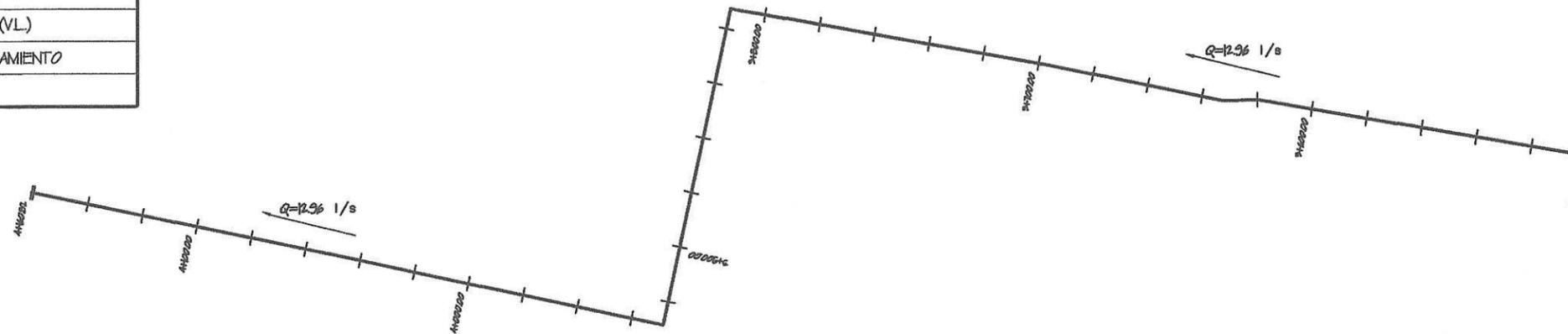
PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	
	UBICACIÓN: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	ESCALA: INDICADA	
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	HOJA No. 6/10	
FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS		ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ (ASESOR)

SIMBOLOGIA	
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
—	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PVC Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC
Q	CAUDAL TRANSPORTADO
C.P.	COTA PIEZOMÉTRICA EN METROS
⊗	VÁLVULA DE AIRE (V.A.)
⊗	VÁLVULA DE LIMPIEZA (V.L.)
■	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
●	POZO MECÁNICO



PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS BARRIOS EL RASTRO Y EL ESTRECHO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
	UBICACIÓN: BARRIO EL RASTRO Y EL ESTRECHO MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	ESCALA: INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTÉRREZ	HOJA No. 7/10
CÁLCULO: BLANCA GUTÉRREZ	ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ (ASESOR)
FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS.	

**Apéndice 7. Planos de ampliación y mejoramiento del tramo
carretero que conduce desde la aldea Quebrada Seca hasta la aldea El
Mirador, Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal**

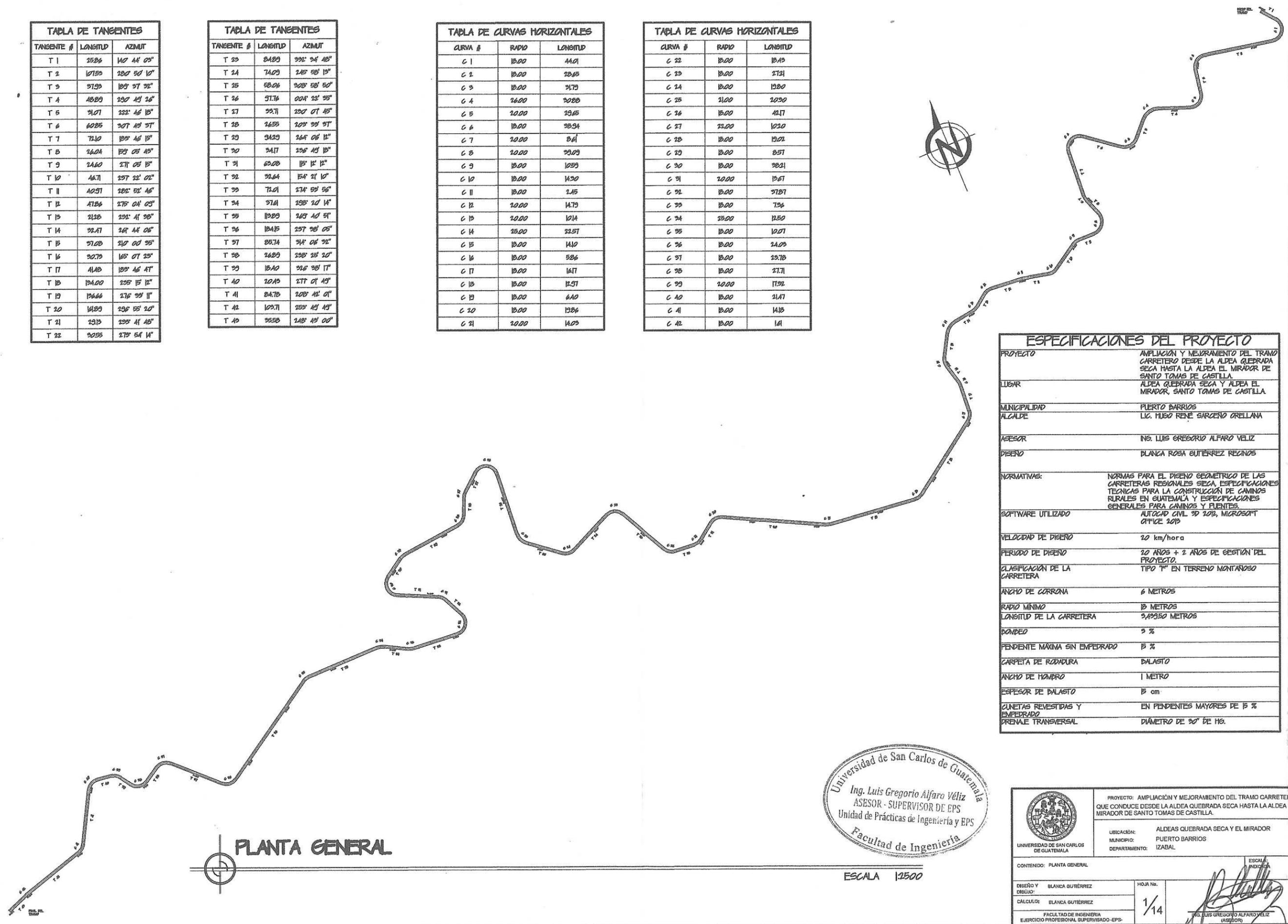
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

TANGENTE #	LONGITUD	AZMUT
T 1	25.86	140° 44' 09"
T 2	107.83	280° 50' 10"
T 3	37.23	189° 37' 32"
T 4	48.89	230° 43' 26"
T 5	31.07	222° 46' 15"
T 6	60.85	307° 43' 37"
T 7	74.10	189° 46' 15"
T 8	26.04	193° 05' 43"
T 9	24.60	271° 05' 15"
T 10	46.71	297° 22' 02"
T 11	10.97	280° 52' 46"
T 12	47.86	275° 04' 03"
T 13	21.28	231° 41' 36"
T 14	32.47	261° 44' 06"
T 15	37.08	210° 00' 35"
T 16	30.73	165° 07' 23"
T 17	41.48	183° 46' 47"
T 18	134.00	235° 15' 12"
T 19	136.66	276° 39' 11"
T 20	141.89	236° 55' 20"
T 21	23.13	233° 41' 45"
T 22	30.55	279° 54' 14"

TANGENTE #	LONGITUD	AZMUT
T 23	84.89	332° 34' 45"
T 24	74.03	245° 58' 13"
T 25	58.06	308° 58' 50"
T 26	37.76	004° 23' 35"
T 27	32.71	230° 07' 45"
T 28	26.55	203° 33' 37"
T 29	34.29	264° 06' 11"
T 30	34.17	236° 43' 18"
T 31	62.08	115° 12' 12"
T 32	32.64	154° 21' 10"
T 33	72.01	274° 53' 56"
T 34	37.61	238° 20' 14"
T 35	119.89	263° 40' 51"
T 36	184.15	297° 28' 05"
T 37	88.74	314° 06' 32"
T 38	26.89	138° 25' 20"
T 39	18.40	316° 38' 17"
T 40	20.43	277° 07' 43"
T 41	84.78	208° 42' 01"
T 42	109.71	253° 43' 43"
T 43	38.58	248° 43' 00"

CURVA #	RADIO	LONGITUD
C 1	15.00	44.01
C 2	15.00	23.65
C 3	15.00	31.73
C 4	26.00	30.88
C 5	20.00	23.65
C 6	15.00	38.34
C 7	20.00	8.61
C 8	20.00	29.09
C 9	15.00	10.53
C 10	15.00	14.30
C 11	15.00	2.45
C 12	20.00	14.73
C 13	20.00	10.14
C 14	25.00	22.57
C 15	15.00	14.10
C 16	15.00	58.86
C 17	15.00	16.17
C 18	15.00	12.37
C 19	15.00	6.40
C 20	15.00	13.86
C 21	20.00	14.03

CURVA #	RADIO	LONGITUD
C 22	15.00	18.43
C 23	15.00	27.21
C 24	15.00	19.80
C 25	21.00	20.30
C 26	15.00	42.17
C 27	22.00	10.20
C 28	15.00	19.02
C 29	15.00	8.57
C 30	15.00	38.21
C 31	20.00	13.67
C 32	15.00	37.87
C 33	15.00	7.36
C 34	25.00	12.80
C 35	15.00	10.07
C 36	15.00	24.03
C 37	15.00	23.78
C 38	15.00	27.71
C 39	20.00	17.92
C 40	15.00	21.47
C 41	15.00	14.18
C 42	15.00	1.61



PLANTA GENERAL

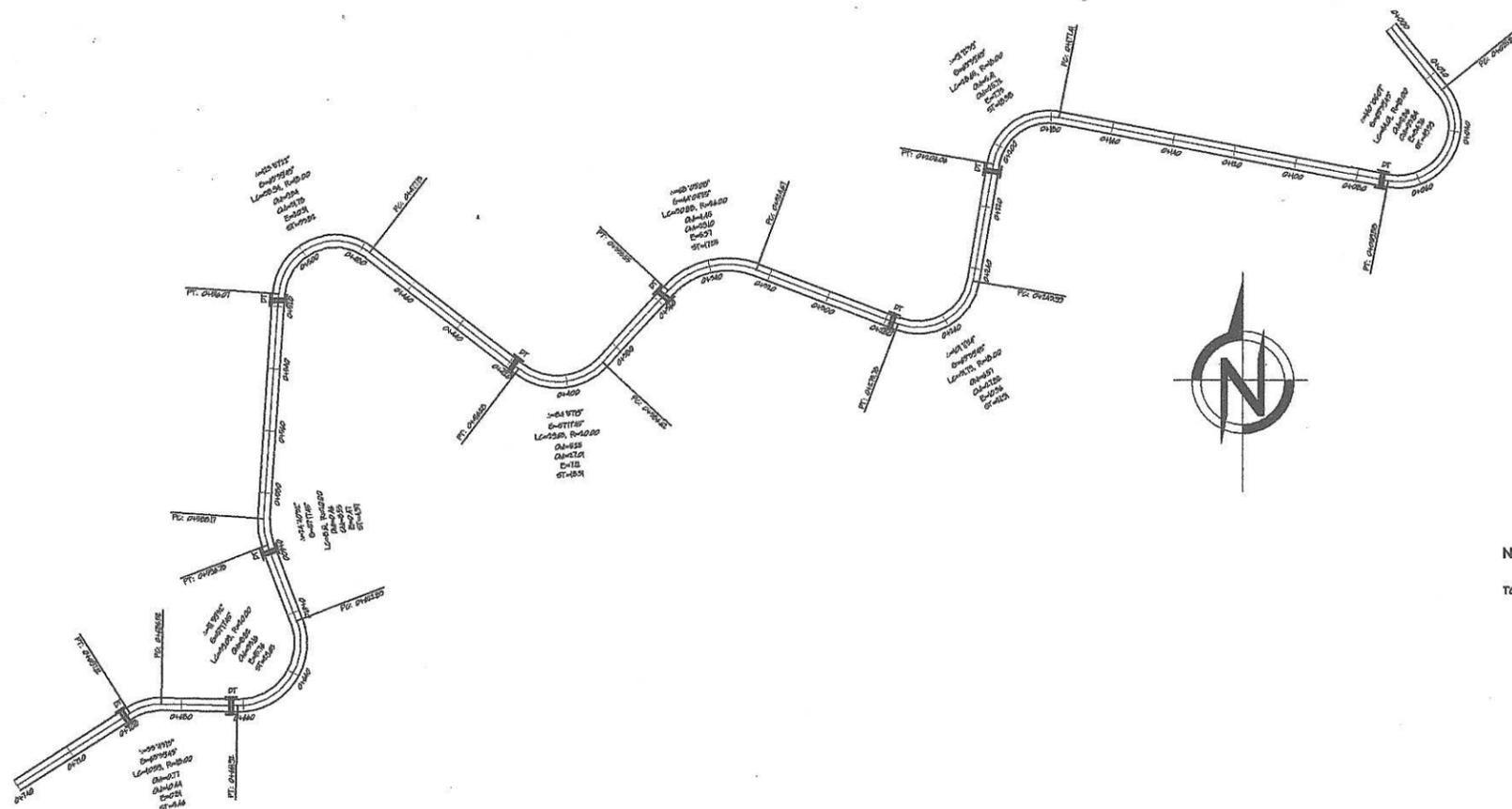
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

ESCALA 1:2500

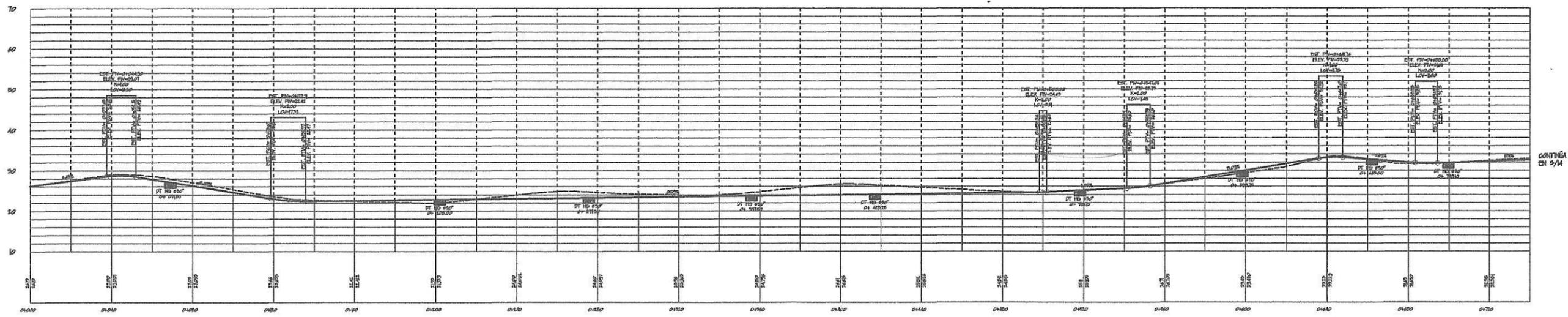
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	
PROYECTO	AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.
LUGAR	ALDEA QUEBRADA SECA Y ALDEA EL MIRADOR, SANTO TOMAS DE CASTILLA.
MUNICIPALIDAD	PUERTO BARRIOS
ALCALDE	LIC. HUGO RENE SANCHEZ ORELLANA
ASESOR	ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
DISENO	BLANCA ROSA GUTIERREZ REGINOS
NORMATIVAS:	NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES SIGCA, ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS RURALES EN GUATEMALA Y ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CAMINOS Y PUENTES.
SOFTWARE UTILIZADO	AUTOCAD CIVIL 3D 2012, MICROSOFT OFFICE 2013
VELOCIDAD DE DISEÑO	20 km/hora
PERIODO DE DISEÑO	20 AÑOS + 2 AÑOS DE GESTIÓN DEL PROYECTO.
CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA	TIPO "F" EN TERRENO MONTAÑOSO
ANCHO DE CORRIERA	6 METROS
RADIO MÍNIMO	15 METROS
LONGITUD DE LA CARRETERA	3,493.50 METROS
BANDEO	2 %
PENDIENTE MÁXIMA SIN EMPEDRADO	15 %
CARPETA DE RODADURA	DALASTO
ANCHO DE HOMBRO	1 METRO
ESPESOR DE DALASTO	15 cm
CUNETAS REVESTIDAS Y EMPEDRADO	EN PENDIENTES MAYORES DE 15 %
DRENAJE TRANSVERSAL	DIÁMETRO DE 30" DE HG.

	PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA EL MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.	
	UBICACIÓN: ALDEAS QUEBRADA SECA Y EL MIRADOR MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA GENERAL	HOJA No. 1/14	ESCALA: INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIERREZ CALCULO: BLANCA GUTIERREZ	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz (ASESOR)	

SIMBOLOGIA	
————	SUBRASANTE
- - - - -	TERRENO NATURAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PC	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ÁNGULO DELTA
θ	ÁNGULO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
R	RADIO
GM	ORDENADA MEDIA
GM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
ST	SUBTANGENTE
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
K	CONSTANTE DE LONGITUD MÍNIMA
LDV	LONGITUD DE CUERDA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
DT	DRENAL TRANSVERSAL



NOTA:
TODOS LOS VALORES ESTÁN DADOS EN METROS.



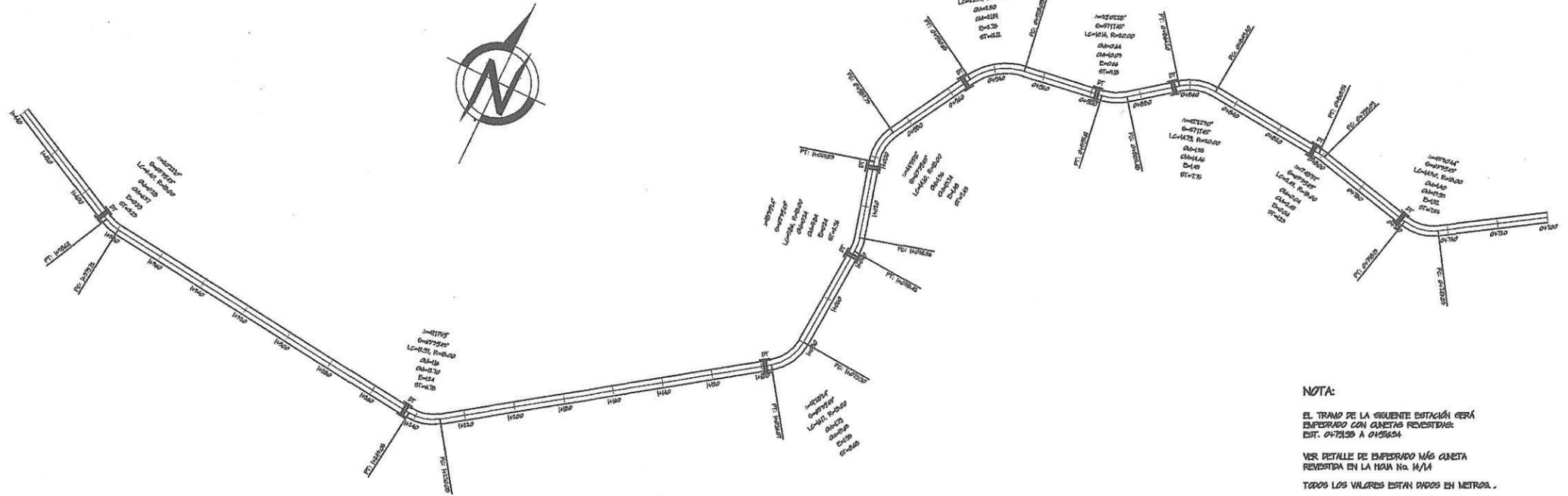
PLANTA - PERFIL DE 0+000 A 0+740

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

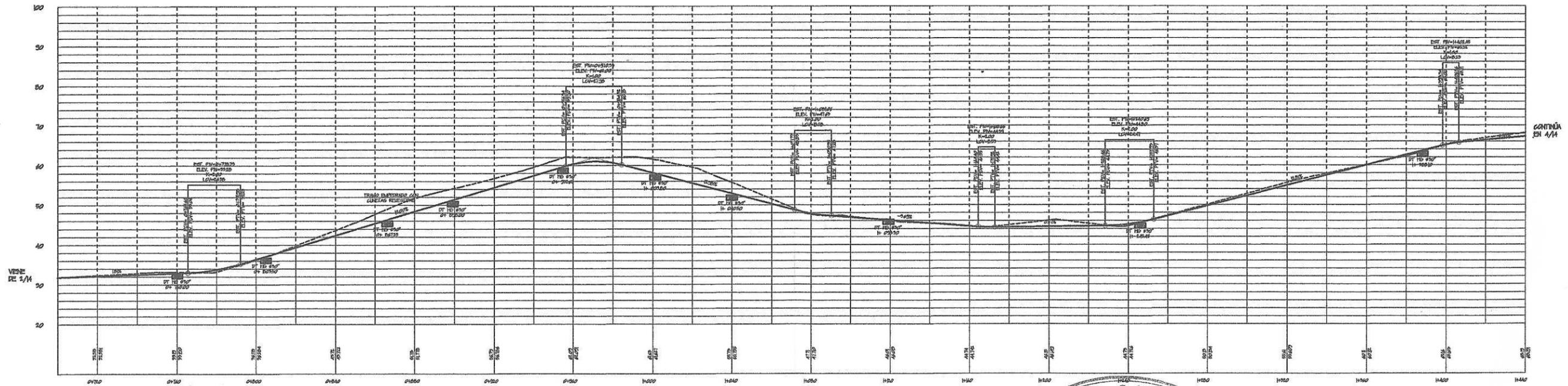
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

	PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.	
	UBICACIÓN: ALDEAS QUEBRADA SECA Y EL MIRADOR MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE 0+000 A 0+740	ESCALA: INCLINADA	
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	HOJA No. 2/14	
FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS		

SIMBOLOGIA	
————	SUBRASANTE
-----	TERRENO NATURAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PC	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ÁNGULO DELTA
θ	ÁNGULO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
R	RADIO
OM	ORDENADA MEDIA
OM	CURVA MÁXIMA
E	EXTERNAL
ST	SUBTANGENTE
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
K	CONSTANTE DE LONGITUD MÍNIMA
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
DT	DRENAJE TRANSVERSAL



NOTA:
 EL TRAMO DE LA SIGUIENTE ESTACIÓN SERÁ EMPEDRADO CON CUNETAS REVESTIDAS.
 EST. 0+700.00 A 0+705.00
 VER DETALLE DE EMPEDRADO MÁS CUNETAS REVESTIDAS EN LA HOJA No. 14/14
 TODOS LOS VALORES ESTÁN DADOS EN METROS.



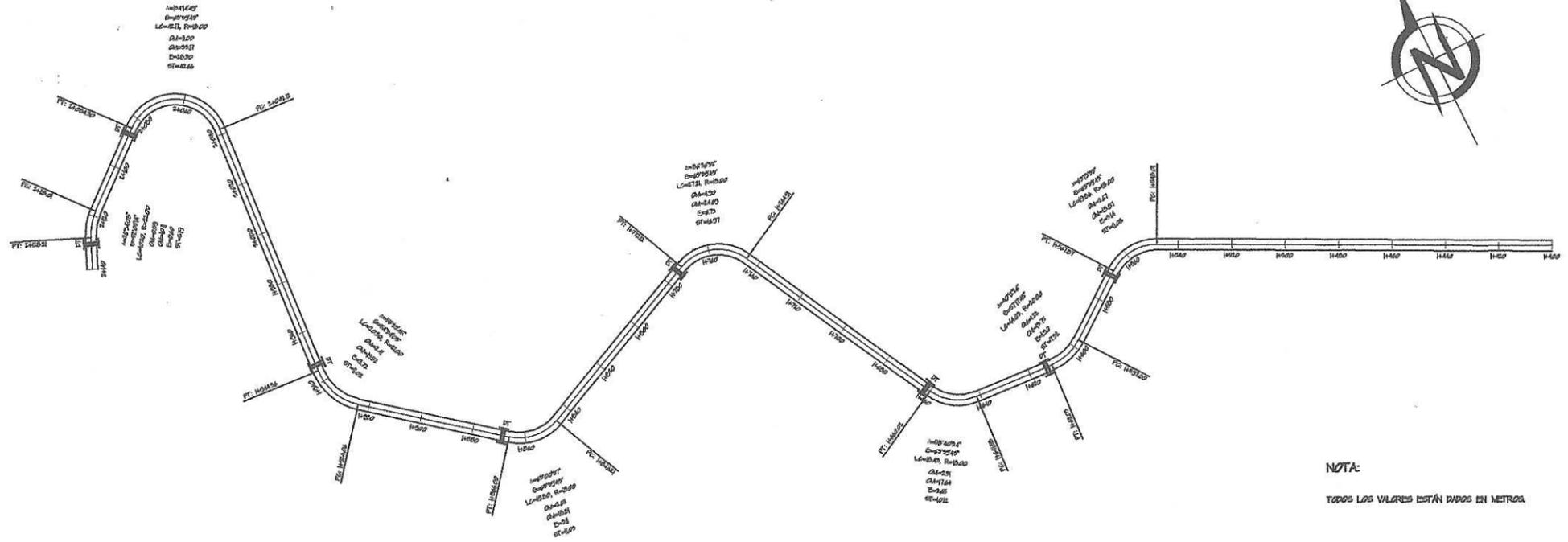
PLANTA - PERFIL DE 0+700 A 1+440

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

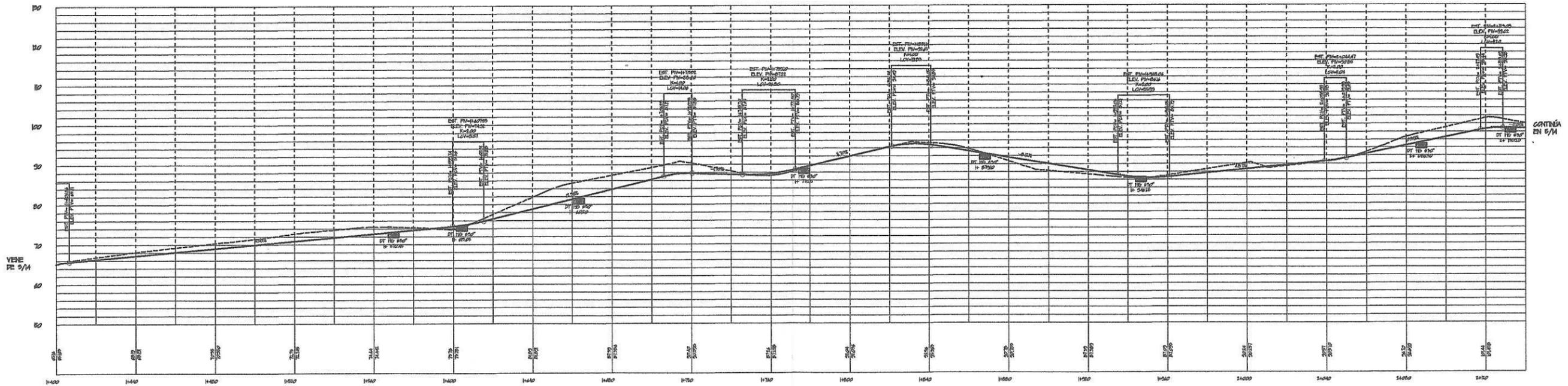
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

	PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.	
	UBICACIÓN: ALDEAS QUEBRADA SECA Y EL MIRADOR MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE 0+700 A 1+440	ESCALA: INDICADO	
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	HOJA No. 3/14	
FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS		(ASESOR)

SIMBOLOGIA	
—	SUBRASANTE
- - -	TERRENO NATURAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PC	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ÁNGULO DELTA
⊙	ÁNGULO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
R	RADIO
OM	ORDENADA MEDIA
OM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
ST	SUBTANGENTE
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
K	CONSTANTE DE LONGITUD MÍNIMA
LCV	LONGITUD DE CUERDA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
DT	DRENAJE TRANSVERSAL



NOTA:
TODOS LOS VALORES ESTÁN DADOS EN METROS.



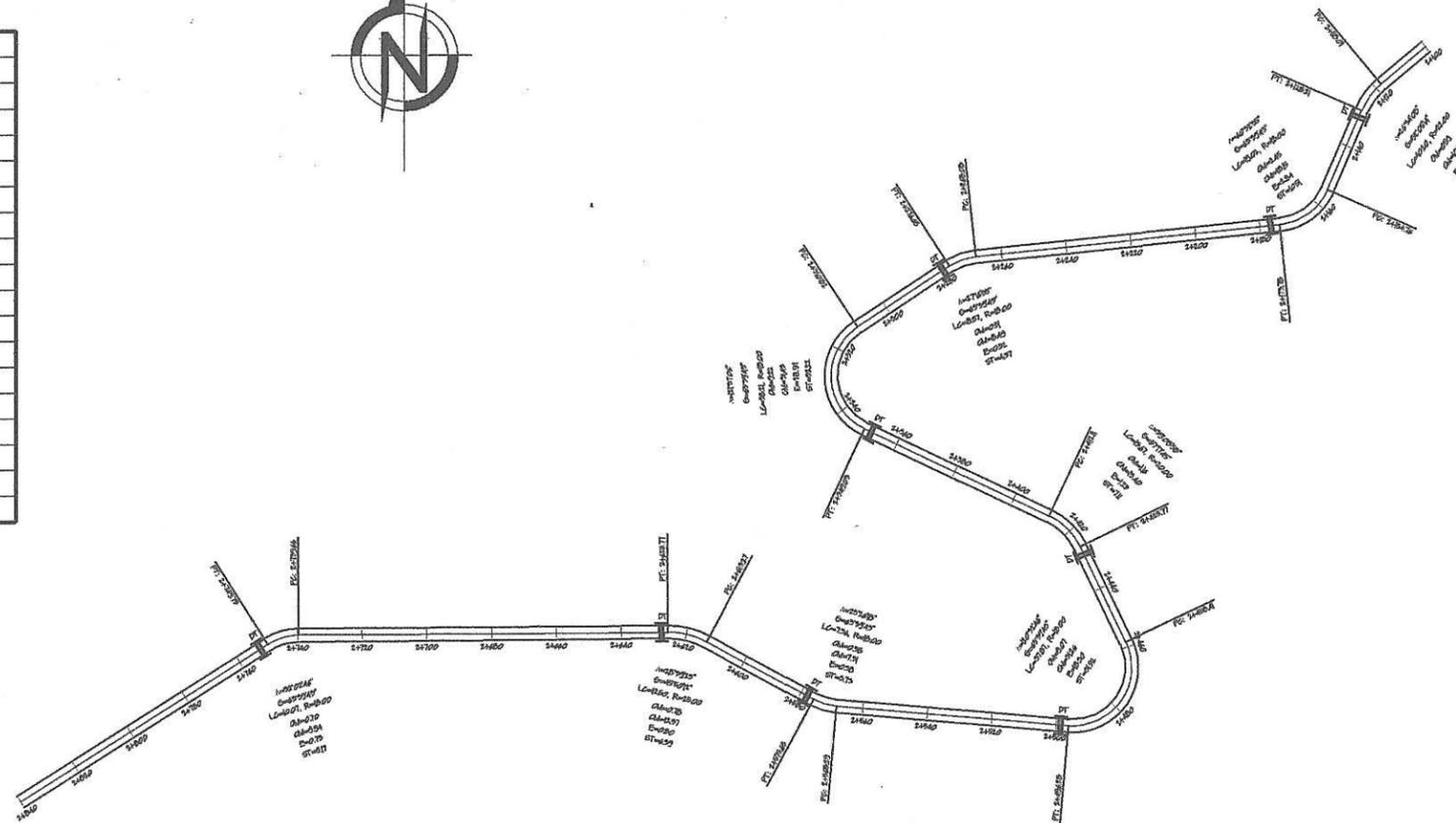
PLANTA - PERFIL DE 1+400 A 2+140

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

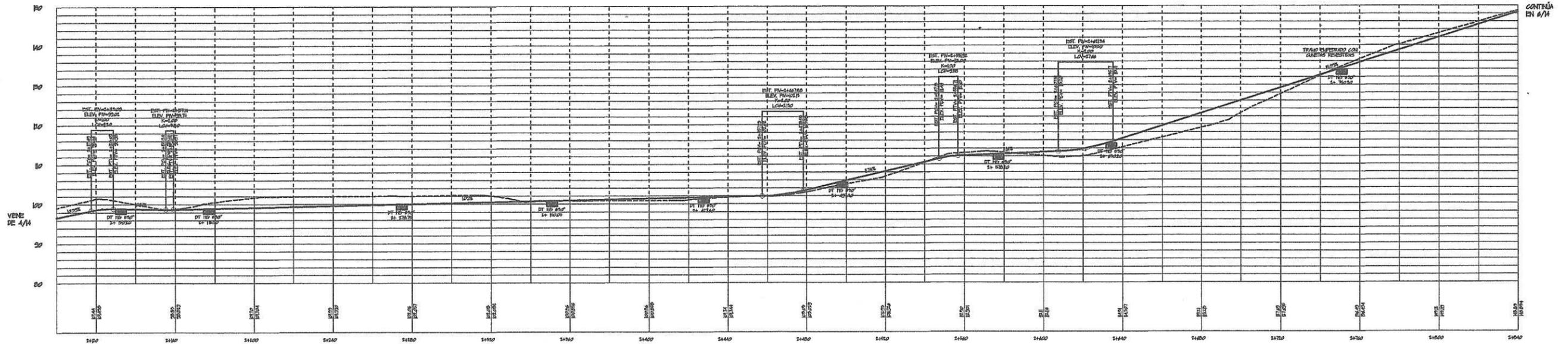
	PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.	
	UBICACIÓN: ALDEAS QUEBRADA SECA Y EL MIRADOR MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE 1+400 A 2+140	HOJA No. 4/14	ESCALA: INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS.	

SIMBOLOGIA	
—	SUBRASANTE
- - - -	TERRENO NATURAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PC	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ÁNGULO DELTA
θ	ÁNGULO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
R	RADIO
OM	ORDENADA MEDIA
CM	CURVA MÁXIMA
E	EXTERNAL
ST	SUBTANGENTE
PV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
K	CONSTANTE DE LONGITUD MÍNIMA
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
DT	DRENAL TRANSVERSAL



NOTA:

EL TRAMO DE LA SEGUENTE ESTACIÓN SERÁ EMFERADO CON CUNETAS REVESTIDAS EST. 2+695.17 A 2+820.55
 VER DETALLE DE EMFERADO MÁS CUNETAS REVESTIDAS EN LA HMA No. 14/M
 TODOS LOS VALORES ESTÁN DADOS EN METROS



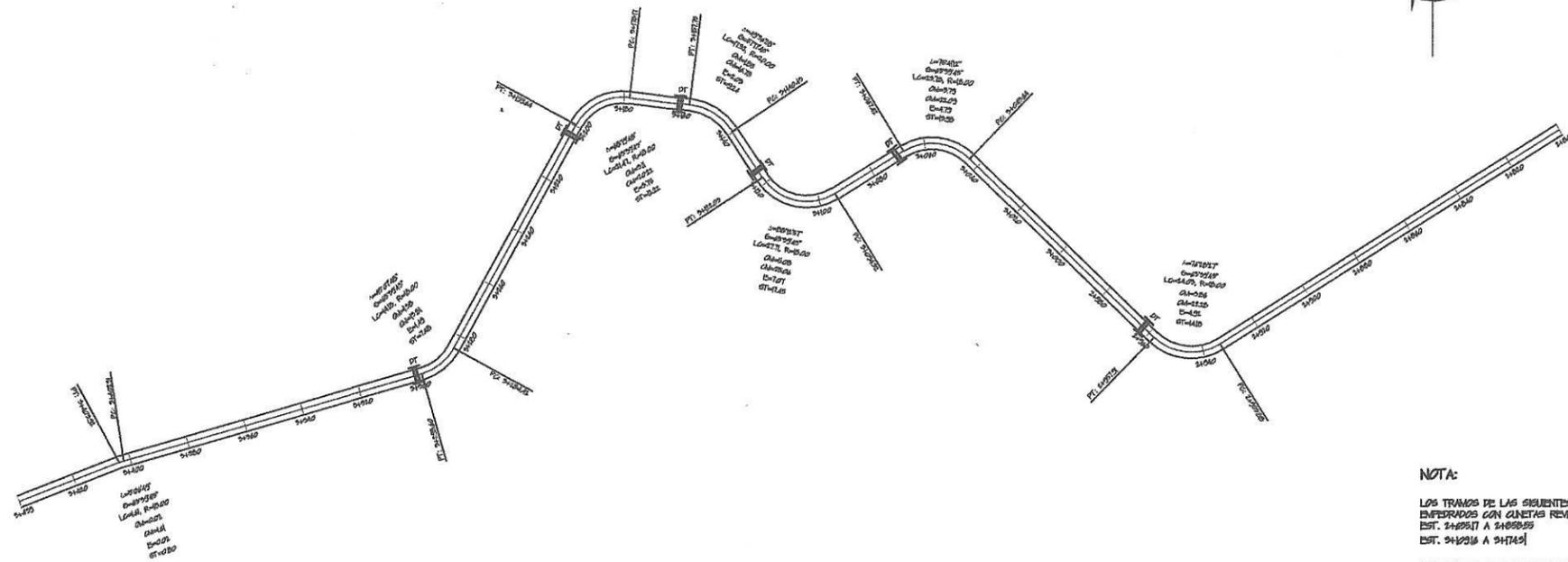
PLANTA - PERFIL DE 2+100 A 2+840

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

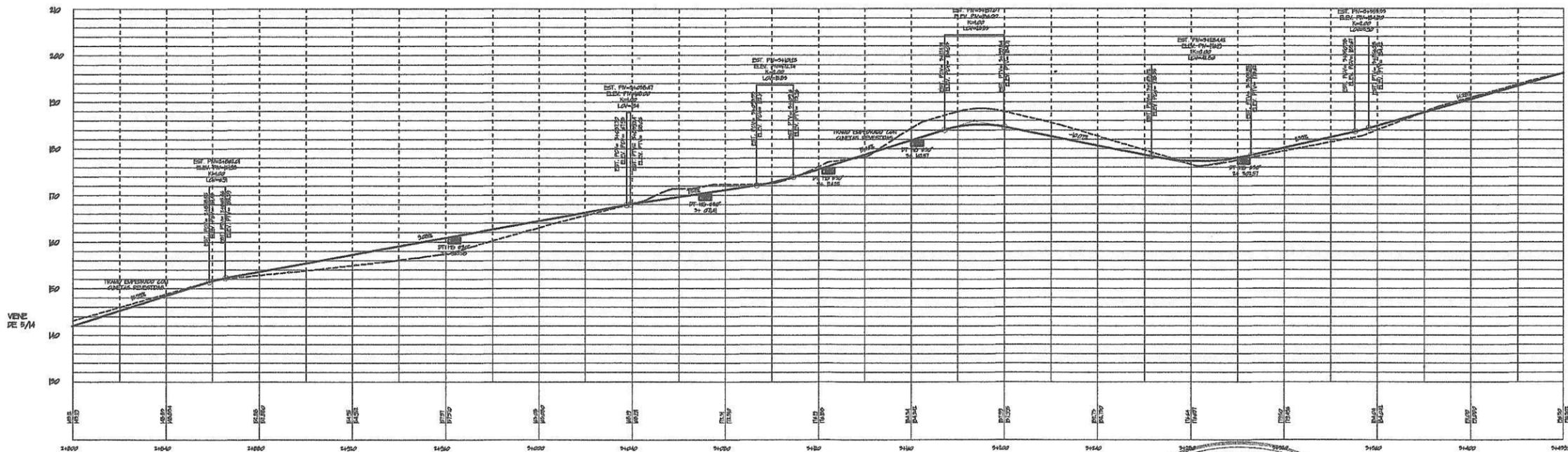
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

	PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO GARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.	
	UBICACIÓN: ALDEAS QUEBRADA SECA Y EL MIRADOR MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE 2+100 A 2+840	HOJA No. 5/14	ESCALA INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ CÁLCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS	

SIMBOLOGIA	
————	SUBRASANTE
- - - - -	TERRENO NATURAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
PC	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ÁNGULO DELTA
θ	ÁNGULO DE CURVATURA
LC	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL
R	RADIO
OM	ORDENADA MEDIA
OM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
ST	SUBTANGENTE
PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
K	CONSTANTE DE LONGITUD MÍNIMA
LCV	LONGITUD DE CUERDA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
DT	DRENAJE TRANSVERSAL



NOTA:
 LOS TRAMOS DE LAS SIGUIENTES ESTACIONES SERÁN ENFERADOS CON CUNETAS REVESTIDAS:
 EST. 2+890.11 A 2+898.85
 EST. 3+220.16 A 3+274.51
 VER DETALLE DE ENFERADO MÁS CUNETA REVESTIDA EN LA HOJA No. 1/1.
 TODOS LOS VALORES ESTÁN EN METROS.



PLANTA - PERFIL DE 2+800 A 3+439.50

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

	PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA ALDEA QUEBRADA SECA HASTA LA ALDEA MIRADOR DE SANTO TOMAS DE CASTILLA.	
	UBICACIÓN: ALDEAS QUEBRADA SECA Y EL MIRADOR MUNICIPIO: PUERTO BARRIOS DEPARTAMENTO: IZABAL	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL DE 2+800 A 3+439.50	HOJA No. 6/14	ESCALA: INDICADA
DISEÑO Y DIBUJO: BLANCA GUTIÉRREZ CALCULO: BLANCA GUTIÉRREZ	FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO - EPS	

ANEXOS

Anexo 1. Informe de análisis bacteriológico del agua



25/07/14
Código 17316/170714/01
Página 1/2

INFORME DE ANÁLISIS

Empresa: PRODUCTOS ALIMENTICIOS DEL NORTE, S.A.
Dirección: 25 av. 22 Calle Puerto Barrios, Izabal
Remitido por: Ariana Lemus

Muestras analizadas: AGUA
Fecha de toma de muestras: 17/07/2014
Fecha de ingreso: 17/07/2014
Fecha de análisis: 17/07/2014
Lugar de análisis: Contro-Lab (excepto donde se especifique)
Plan de muestreo: Sugerido por el cliente

Lugar de toma de Muestras: En la empresa
Muestras tomadas por: Juan Valencia
Muestras recibidas por: Juan Valencia
Temperatura (durante el muestreo): 26.5 ° C
Temperatura de ingreso: 3.5 ° C

Muestra	Cloro	Análisis				E. coli
		Recuento aeróbico total	Coliformes totales	Coliformes fecales		
Agua de Pozo No.1	0.0	18	< 1.1 (Negativo)	< 1.1 (Negativo)	< 1.1 (Negativo)	
Unidades:	ppm	UFC/mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	
Método:	M1	M2	M2	M2	M2	
Lugar de análisis:	In situ					

M1: Método colorimétrico
M2: Standard Methods 22nd Edition for the Examination of Water and Wastewaters
Recuento aeróbico total: Método vertido en placa, 35°C/48h Plate Count Agar.
UFC/mL: unidades formadoras de colonia por mililitro
NMP/100mL: número más probable por cien mililitros
Ppm: Partes por millón

OBSERVACIONES:

La muestra de Agua de Pozo No.1

Si cumple con los requisitos Microbiológicos de la NORMA COGUANOR AGUA POTABLE 29001 ya que no presenta contaminación por el grupo coliforme.

LIMITES DE LA NORMA COGUANOR AGUA POTABLE 29001

RECUESTO DE COLIFORMES: < 1.1 NMP/100mL (Negativo)

Nota: los resultados de este informe se refiere a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio. La reproducción parcial o total de la misma deberá ser aprobada por ControLab. Muestra captada por personal de Contro-Lab.

Licda. Nancy Quan
Químico Biólogo Colegiado No. 1,646

LICDA. NANCY QUAN
Químico Biólogo
Colegiado No. 1,646

Fuente: laboratorio privado de Contro-Lab.

Anexo 2. Informe de análisis físico químico del agua



30/05/14
Código 16996/230514/08
Página 8/12

INFORME DE ANÁLISIS

Empresa: PROALINORSA
Dirección: Puerto Barrios
Remitido por: ADRIANA LEMUS

Muestras analizadas: AGUA DE POZO No. 1
Fecha de toma de muestras: 23/05/2014
Fecha de ingreso: 23/05/2014
Fecha de análisis: 23/05/2014
Lugar de análisis: Contro-Lab (excepto donde se especifique)
Plan de muestreo: Sugerido por el cliente

Lugar de toma de Muestras: En la empresa
Muestras tomadas por: Cliente
Muestras recibidas por: Jeferson Bravo
Temperatura (durante el muestreo): Cliente
Temperatura de ingreso: 6.3 °C

Parámetro	Dimensionales	Método	Límite de detección	Resultado	*Agua Potable	
					LMA	LMP
Temperatura	°C	SMWW 2550 B, digital	-50 - 300	--	15.0 - 25.0	
Cloro residual	mg/L	Rainbow test OT01	0.2 - 3.0	--	0.5	1.0
Apariencia	NR/R	Visual	--	R	--	NR
Olor	NR/R	Organoléptico	--	R	NR	NR
Color	UPC	Merck SQ 118 analogo SMWW2120B DIN 53409	0.2 - 500	53	5.0	35.0
Turbiedad	UNT	Merck SQ 118 analogo a SMWW 2120C, en ISO 7027	1 - 100	2	5.0	15.0
Conductividad	µSiemens/cm	WTW LF 330 analogo a SMWW 2510 B	1 - 500,000	418	-	< 1500
pH	Unidades de pH	SMWW 4500-H ⁺ B	0 - 14	6.96	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Salinidad	-	WTW LF 330 analogo a SMWW 2520 B	0 - 70	0.0	-	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	WTW LF 330 analogo a SMWW 2510	0 - 1999	168	500.0	1000.0
Calcio	mg/L	Merck Spectroquant 14815	5 - 160	96	75.000	150.000
Dureza Total	mg/L	Hach 1453-00	17.1	86	100.000	500.000
Hierro Total	mg/L	Hach 8080 espectrofotometrico	0.02 - 3.00	0.17	0.1	1.0
Manganeso	mg/L	Merck Spectroquant 14770	0.01 - 10.00	0.10	0.1	0.4
Nitritos	mg/L	Merck Spectroquant analogo a EPA 354.1, SMWW 4500-NO ₂ B y EN 26777	0.07 - 3.28	0.09	-	3.0
Nitratos (cómo N)	mg/L	Hach 8039 Espectrofotometrico	0.3 - 30.0	2.8	-	50.0

mg/L: Miligramos por litro (partes por millón)

NR/R: No rechazable/rechazable

UPC: Unidades platino-cobalto

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

LMA: Límite máximo admisible

LMP: Límite máximo permisible

ND: No detectable

* NORMA COGUANOR NGO 29 001 AGUA POTABLE

Nota: los resultados de éste informe se refieren a las muestras tal y cómo fueron recibidas en el laboratorio. La reproducción parcial o total de la misma deberá ser aprobada por Contro-Lab. Muestra captada por personal de Contro-Lab.

Licda. Nancy Quan
Químico Biólogo Colegiado No. 1,646

LICDA. NANCY QUAN
Químico Biólogo
colegiado No. 1,646

Fuente: laboratorio privado de Contro-Lab.

Anexo 3. Ensayo granulométrico de la subrasante



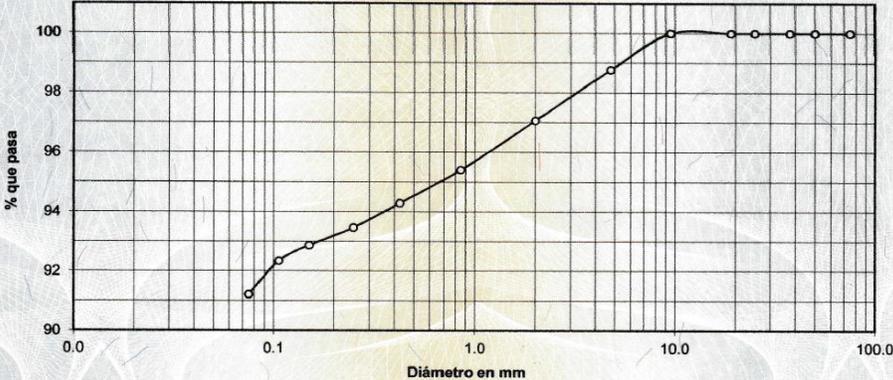
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 607 S.S. O.T. No. 33,842 No. **1393**

Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"
 Ubicación: Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal
 Fecha: lunes, 13 de octubre de 2014 Muestra: 1

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	97.07
2"	50 mm	100.00	20	850 μ m	95.40
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 μ m	94.28
1"	25 mm	100.00	60	250 μ m	93.46
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 μ m	92.86
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 μ m	92.35
4	4.75 mm	98.77	200	75 μ m	91.22



Descripción del suelo: Limo Color Café

Clasificación: S.C.U.: ML % de Grava: 1.23 D10: *
 P.R.A.: A-5 % de Arena: 7.56 D30: *
 % de finos: 91.22 D60: *

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diametro efectivo no aplica

Atentamente,

Vo. Bo.
Inga. Telma Maricela Caño Morales
 DIRECTORA CII/USAC

Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221
 Fax: 2418-8121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 4. Ensayo de límites de Atterberg de la subrasante



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 606 S.S.

O.T.: 33,842

No. 1392

Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos

Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santo Tomas de Castilla, Puerto Barrios, Izabal

FECHA: lunes, 13 de octubre de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	46.7	9.8	ML	Limo Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 5. Ensayo Razón Soporte California (CBR) de la subrasante



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 609 S.S.

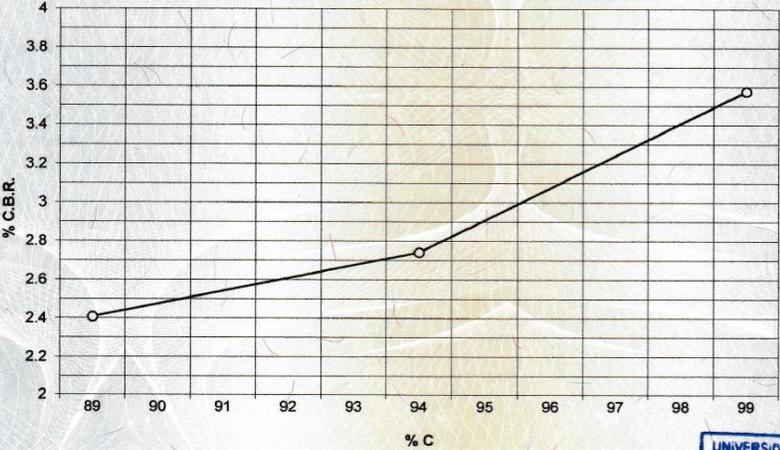
O.T.: 33,842

No. 1395

Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"
 Ubicación: Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal
 Descripción del suelo: Limo Color Café
 Fecha: lunes, 13 de octubre de 2014

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	28.50	78.42	89.2	2.57	2.41
2	30	28.50	82.88	94.3	2.84	2.74
3	65	28.50	87.34	99.4	2.57	3.58

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

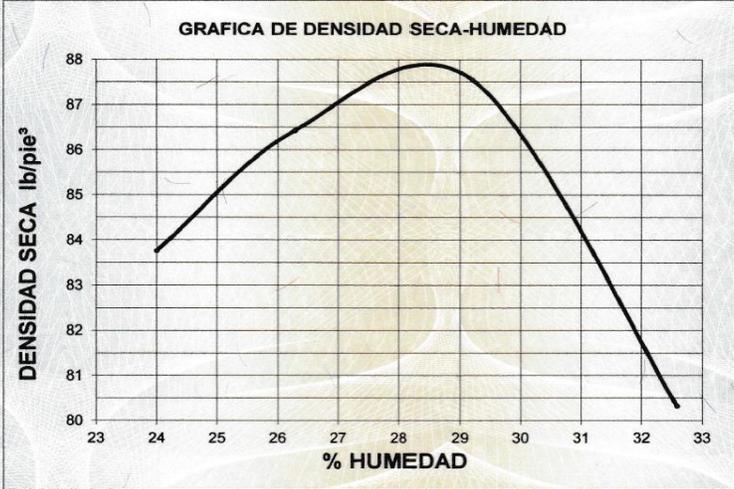
FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 6. Ensayo de compactación de la subrasante

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
INFORME No. 608 S.S. O.T.: 33,842		No. 1394
Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos	Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.	Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"		Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180
Ubicación: Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal		
Fecha: lunes, 13 de octubre de 2014		

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
24	83.8
25	85.2
26	86.2
27	87.0
28	87.6
28.5 (Hop)	87.90
29	87.6
30	86.5
31	84.8
32	82.5
32.5	80.5

Descripción del suelo: Limo Color Café	
Densidad seca máxima γ_d : 1,408.16 Kg/m ³	87.90 lb/ft ³
Humedad óptima Hop.: 28.50 %	

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. 
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 7. Ensayo granulométrico para balasto



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



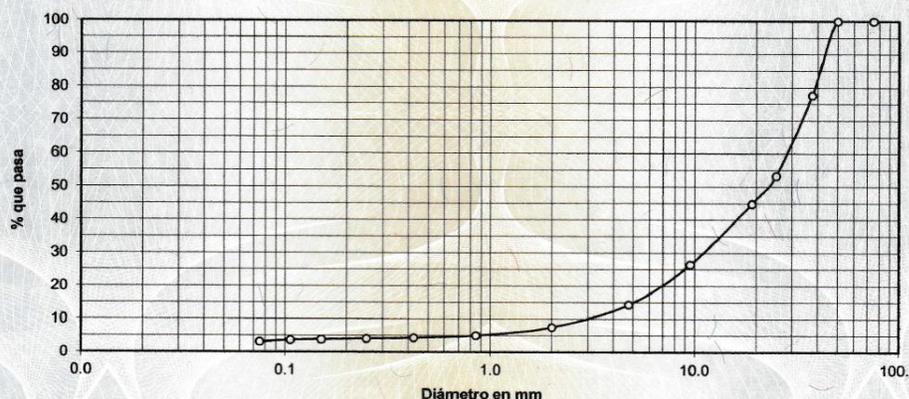
INFORME No. 611 S.S.

O.T. No. 33,842

No. 1397

Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"
 Ubicación: Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal
 Fecha: lunes, 13 de octubre de 2014

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	7.53
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	5.02
1 1/2"	37.5 mm	77.63	40	425 µm	4.32
1"	25 mm	53.28	60	250 µm	4.06
3/4"	19.0 mm	44.83	100	150 µm	3.83
3/8"	9.5 mm	26.47	140	106 µm	3.64
4	4.75 mm	14.37	200	75 µm	3.14



Descripción del suelo: Grava Arenosa Color Gris

Clasificación: S.C.U.: GW
P.R.A.: A-1-a

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

% de Grava: 85.64
% de Arena: 11.22
% de finos: 3.14

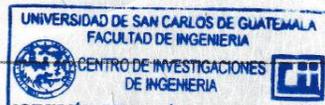
D10: 3.00 mm
D30: 11.5 mm
D60: 28.0 mm

Atentamente,

Vo. Bo. 
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-8000



SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 8. Ensayo de límites de Atterberg para balasto



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 610 S.S. O.T.: 33,842 No. **1396**

Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos
Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90
Ubicación: Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal
FECHA: lunes, 13 de octubre de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Grava Arenosa Color Gris

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Inga. Telma Mampela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC –
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 9. Ensayo de peso específico para balasto

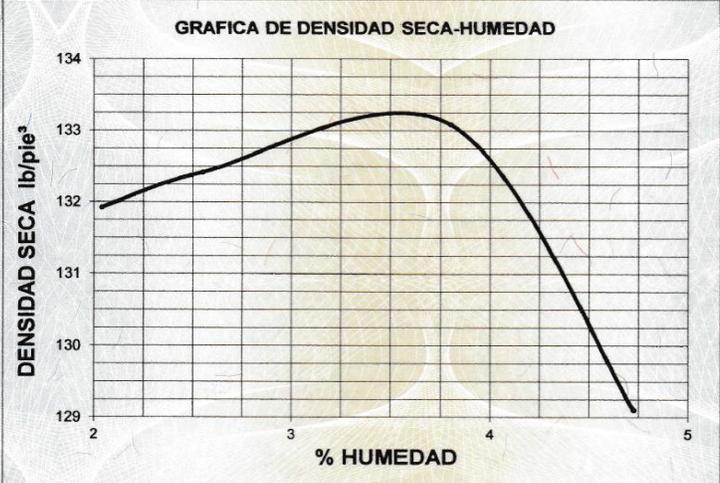
	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		No. 1400
INFORME No.:	613 S. S.	O.T.: 33,842
INTERESADO:	Blanca Rosa Gutiérrez Recinos	
PROYECTO:	EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca hasta la Aldea El Mirador"	
ASUNTO:	Ensayo de Peso Específico del Suelo	
UBICACIÓN:	Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Grava Arenosa Color Gris	
FECHA:	lunes, 13 de octubre de 2014	
<u>RESULTADO DEL ENSAYO:</u>		
Peso Especifico del Suelo:	1,577.86 kg/m³	
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.		
Atentamente,		
		
Vo. Bo.		
Inga. Telma Maricela Cano Morales	DIRECTORA CII/USAC	Ing. Omar Enrique Medrano Merde Jefe Sección Mecánica de Suelos
<small>FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt</small>		

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 10. Ensayo de compactación para balasto

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
INFORME No. 612 S.S.		O.T.: 33,842 No. 1398
Interesado: Blanca Rosa Gutiérrez Recinos	Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99	
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.	Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180	
Proyecto: EPS "Diseño de Ampliación y Mejoramiento de Tramo Carretero que conduce desde la Aldea Quebrada Seca Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal		
Ubicación: Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal		
Fecha: lunes, 13 de octubre de 2014		

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
2.0	132.0
3.0	133.0
3.56 (Hop)	133.25
4.0	132.5
5.0	129.0

Descripción del suelo:	Grava Arenosa Color Gris	
Densidad seca máxima γ_d :	2,134.67 Kg/m ³	133.25 lb/ft ³
Humedad óptima Hop.:	3.56 %	

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.	 Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CI/USAC	 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos
---------	--	--



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.